



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR GEDUNG VENETIAN MENGUNAKAN METODE SRPMK DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA Lt 2

Mahasiswa

RUMAGIA BANGUN SETIAWAN

NRP. 3113.041.080

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti M.T.

NIP 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

SURABAYA 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC146599

**DESAIN STRUKTUR GEDUNG VENETIAN
MENGUNAKAN METODE SRPMK DAN
RENCANA ANGGARAN BIAYA Lt 2**

**Mahasiswa
RUMAGIA BANGUN SETIAWAM
NRP. 3113.041.080**

**Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti M.T.
NIP 19560520 198903 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh**

SURABAYA 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

**STRUCTURAL DESIGN OF VENETIAN BUILDING WITH SPECIAL
MOMENT RESISTING FRAME AND COST ESTIMATION OF 2ND
FLOOR**

Mahasiswa

RUMAGIA BANGUN SETIAWAN

NRP. 3113.041.095

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti M.T.

NIP 19560520 198903 2 001

**PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

SURABAYA 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – RC146599

**STRUCTURAL DESIGN OF VENETIAN
BUILDING WITH SPECIAL MOMENT
RESISTING FRAME AND COST
ESTIMATION OF 2ND FLOOR**

Student

RUMAGIA BANGUN SETIAWAM

NRP. 3113.041.080

Supervisor

Ir. Srie Subekti M.T.

NIP 19560520 198903 2 001

DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUTURE ENGINEERING

FACULTY OF VOCATIONAL

Sepuluh Nopember Institute of Technology

SURABAYA 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG VENETIAN MENGUNAKAN METODE SRPMK DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA Lt 2

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan

Pada

Program Studi D-IV Departemen Teknik Insfranstruktur Sipil
Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

Rumagia Bangun Setiawan

NRP. 3113 041 080

Disetujui Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

26 JUL 2017



Ir. Srie Subekti, MT.

NIP. 19560520 198903 2 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESAIN GEDUNG VENETIAN MENGGUNAKAN METODE SRPMK DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA Lt 2

Nama Mahasiswa : Rumagia Bangun Setiawan
NRP : 3113 041 080
Jurusan : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, MT.

Abstrak

Terbatasnya lahan saat ini menjadi salah satu kendala untuk membangun suatu bangunan. Sebagai alternatif, pembangunan gedung secara vertikal dapat menjadi solusi terbaik. Gedung Venetian adalah salah satu apartemen bagian dari superblock grand sungkono lagoon yang berlokasi di JL. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya. Pada tugas Akhir kali ini dimaksudkan untuk merencanakan ulang gedung Venetian ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Tinggi apartment yang semula 39 lantai didesain ulang menjadi 10 lantai.

Untuk peraturan beton bertulang mengacu pada SNI 2847-2013 dan peraturan beban untuk gedung yang mengacu pada SNI 1727-2013 kecuali beban gempa yang diatur pada SNI Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012. Program bantu yang digunakan dalam tugas akhir kali ini adalah Sap 2000 V17 untuk pemodelan struktur, PCACOL untuk program bantu perhitungan kolom, dan Autocad 2015 untuk penggambaran teknik

Dari hasil desain struktur didapat hasil yaitu gedung di dilatasi menjadi 2 bagian sedangkan dimensi balok B1 350/650, B2 400/700, dan B3 350/500. dimensi kolom K1 550/650, K2 500/600, tebal pelat lantai 120 mm dan pelat atap 100 mm. sedangkan untuk Rencana anggaran biaya lantai 2 didapat sebesar Rp. 1.985.340.531

Kata Kunci : Perencanaan Struktur Tahan Gempa, Respons
: Spektrum, SRPMK, Beton Bertulang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

STRUCTURAL DESIGN OF VENETIAN BUILDING WITH SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME AND COST ESTIMATION OF 2ND FLOOR

Nama Mahasiswa : Rumagia Bangun Setiawan
NRP : 3113 041 080
Jurusan : Diploma IV Civil Infrastructure Engineering
Faculty of Vocation - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, MT.

Abstract

Insufficient Area is currently one of the obstacles to construct a building. Alternatively, multy-storey building can be the best solution. Venetian Building is a part of Grand Sungkono Lagoon Superblock Which located in JL. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya. In this final project is intended to redesign Venetian Building Using Special Moment Resisting frames system and the building which originally 39 strotories high redesigned to 10 stories building.

For reinforcement concrete code is based on SNI 2847-2013 and minimum load for building and other strucuture based on SNi1727-2013 except for Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building Structure and Non Building Standard which based on SNI 1726-2012. The auxiliary program for this final project is Sap 2000 V17 for structure modelling, PCACOL for coloumn calculation , and Autocad 2015 for engineering drawing.

The result of structural design is obtained that building is separated into 2 section while B1 beam dimension is 400/700 B2 beam dimension is 350/650, B3 beam dimension is 350/500, 120 mm thickness of floor slab and 100 mm thickness off roof slab. While estimation cost of 2nd floor is Rp. 1.985.340.531

Keywords : Planning Earthquake Resisting Structures,
Spectrum Response, Reinforced concrete,
special moment resisting frames

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir terapan dengan judul **“DESAIN STRUKTUR GEDUNG VENETIAN MENGGUNAKAN METODE SRPMK DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA Lt 2”** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada program Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua serta keluarga yang tiada hentinya memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Ir. Srie Subekti, MT. Selaku dosen pembimbing
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 | Latar belakang | 1 |
| 1.2 | Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 | Tujuan | 2 |
| 1.4 | Batasan Masalah | 3 |
| 1.5 | Manfaat | 3 |
| 2 | BAB II..... | 5 |
| | TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 | Umum | 5 |
| 2.2 | Sistem Rangka Pemikul Momen | 5 |
| 2.3 | Konsep Desain | 6 |
| 2.3.1 | Gempa rencana dan kategori gedung | 6 |
| 2.3.2 | Konfigurasi struktur | 7 |
| 2.4 | Ketentuan Khusus Elemen Struktur Beton SRPMK 7 | |
| 2.4.1 | Mutu Beton..... | 7 |
| 2.4.2 | Balok | 7 |
| 2.4.3 | Kolom..... | 14 |
| 2.5 | Pembebanan..... | 17 |
| 2.5.1 | Beban Mati | 17 |
| 2.5.2 | Beban Hidup..... | 17 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| 2.5.3 | Beban Gempa | 18 |
| 2.5.4 | Beban Air Hujan..... | 25 |
| 2.5.5 | Beban Angin..... | 26 |
| 2.5.6 | Reduksi Beban hidup merata..... | 31 |
| 2.5.7 | Kombinasi Pembebanan | 32 |
| 3 | BAB III | 35 |
| METODOLIGI..... | | 35 |
| 3.1 | Umum | 35 |
| 3.2 | Diagram Alir Perencanaan..... | 35 |
| 3.3 | Pencarian dan Pengumpulan Data | 36 |
| 3.4 | Penentuan Kriteria Desain | 37 |
| 3.5 | Preliminary Desain | 38 |
| 3.5.1 | Pengaturan Denah..... | 38 |
| 3.5.2 | Penentuan Dimensi Elemen Struktur | 38 |
| 3.6 | Permodelan Struktur | 40 |
| 3.7 | Pembebanan Struktur..... | 41 |
| 3.7.1 | Beban Mati | 41 |
| 3.7.2 | Beban Hidup..... | 41 |
| 3.7.3 | Beban Gempa | 42 |
| 3.7.4 | Kombinasi Pembebanan | 42 |
| 3.8 | Analisa Struktur | 43 |
| 3.9 | Perencanaan Penulangan | 45 |
| 3.9.1 | Perencanaa Tulangan Pelat..... | 45 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.9.2 | Perencanaan Tulangan Balok | 46 |
| 3.9.3 | Perencanaan Tulangan Kolom..... | 51 |
| 3.9.4 | Gambar Teknik..... | 51 |
| 3.9.5 | Kesimpulan dan Saran..... | 51 |
| 4 | BAB IV | 53 |
| 4.1 | Preliminary Design Balok..... | 53 |
| 4.1.1 | Balok induk memanjang 1 (L=6000mm) | 53 |
| 4.1.2 | Balok induk memanjang 2 (L=4000mm) | 54 |
| 4.1.3 | Balok induk memanjang 3 (L=8000mm) | 54 |
| 4.1.4 | Balok induk melintang 1 (L=5750mm)..... | 55 |
| 4.1.5 | Balok induk melintang 2 (L=4000mm)..... | 55 |
| 4.1.6 | Balok anak melintang 1 (L=5750mm) | 56 |
| 4.2 | Preliminary Design Plat | 57 |
| 4.2.1 | Plat type A | 61 |
| 4.2.2 | Pelat type B | 66 |
| 4.3 | Dimensi Kolom (SNI 03-2847-2013 Pasal 13.7.4) | 66 |
| 5 | BAB V..... | 73 |
| 5.1 | UMUM | 73 |
| 5.2 | Data-Data Perencanaan..... | 73 |
| 5.3 | PEMBEBANAN..... | 74 |
| 5.3.1 | Beban Mati | 74 |
| 5.3.2 | Beban Hidup..... | 75 |
| 5.3.3 | Beban Angin (W) | 75 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.3.4 | Beban Gempa | 86 |
| 5.4 | Kombinasi Pembebanan | 96 |
| 5.5 | Input Respon Spektrum Pada Program Sap 2000 | 97 |
| 5.6 | Kontrol Analisa Struktur..... | 99 |
| 5.6.1 | Kontrol Periode Struktur | 99 |
| 5.6.2 | Kontrol Partisipasi Massa..... | 101 |
| 5.6.3 | Kontrol base shear | 104 |
| 5.6.4 | Kontrol Simpangan Antar Lantai | 108 |
| 5.6.5 | Kontrol Pemisahan Struktur | 111 |
| 5.6.6 | Ferifikasi Analisa Struktur | 112 |
| 6 | BAB VI | 118 |
| 6.1 | Perhitungan Struktur Pelat Lantai..... | 119 |
| 6.1.1 | Perhitungan Plat 1 arah..... | 119 |
| 6.1.2 | Perencanaan Plat 2 arah..... | 132 |
| 6.2 | Desain struktur pelat tangga | 141 |
| 6.2.1 | Pembebanan struktur pelat tangga..... | 142 |
| 6.2.2 | Analisis struktur pelat tangga | 143 |
| 6.2.3 | Penulangan Plat Tangga | 149 |
| 6.3 | Perhitungan Balok Penggantung Lift..... | 152 |
| 6.3.1 | Perhitungan Pembebanan | 155 |
| 6.3.2 | Perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan | 156 |
| 7 | BAB VII..... | 163 |
| 7.1 | Umum | 163 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.2 | Desain Balok..... | 163 |
| 7.2.1 | Kontrol Lingkup struktur lentur rangka momen khusus..... | 165 |
| 7.2.2 | Penulangan Lentur Tumpuan | 165 |
| 7.2.3 | Penulangan lapangan balok | 170 |
| 7.2.4 | Perhitungan Torsi pada balok..... | 173 |
| 7.2.5 | Penulangan Geser Balok | 176 |
| 7.2.6 | Lap splicing pada balok..... | 182 |
| 7.3 | Cut off point..... | 184 |
| 7.4 | Desain struktur kolom..... | 189 |
| 7.4.1 | Kontrol lingkup rangka penanggung lentur dan aksial | 190 |
| 7.4.2 | Estimasi Awal Konfigurasi Tulangan | 191 |
| 7.4.3 | Cek Syarat Strong Coloumn Weak Beam ... | 192 |
| 7.4.4 | Desain tulangan confinement | 196 |
| 7.4.5 | Lap splices | 205 |
| 7.4.6 | Desain Hubungan Balok Kolom..... | 206 |
| 8 | BAB VIII..... | 210 |
| 8.1 | Perhitungan volume balok | 211 |
| 8.2 | Perhitungan volume kolom..... | 214 |
| 8.3 | Perhitungan volume plat | 217 |
| 9 | BAB IX | 219 |
| | Saran | 221 |
| 10 | DAFTAR PUSTAKA..... | 223 |

DAFTAR TABEL

BAB II

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 beban hidup | 17 |
| Tabel 2. 2 Kategori resiko | 18 |
| Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa | 19 |
| Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs | 19 |
| Tabel 2. 5 Koefisien Situs , F_a | 21 |
| Tabel 2. 6 Koefisien Situs , F_v | 21 |
| Tabel 2. 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.. Error! Bookmark not defined. | |
| Tabel 2. 8 Penentuan Kategori Resiko menggunakan S_{DS} | 21 |
| Tabel 2. 9 Penentuan Kategori Resiko menggunakan S_{D1} | 22 |
| Tabel 2. 10 Penentuan koefisien-koefisien pada SRPMK | 23 |
| Tabel 2. 11 Nilai C_t dan α | 24 |
| Tabel 2. 12 Koefisien C_u | 24 |
| Tabel 2. 13 Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya | 27 |
| Tabel 2. 14 Koefisien eksposur tekanan velositas | 28 |

BAB III

| | |
|------------------------------|----|
| Tabel 3. 1 Beban Hidup | 41 |
|------------------------------|----|

BAB IV

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 1 Daftar dimensi balok | 57 |
| Tabel 4. 2 Perhitungan Beban Mati Atap | 68 |
| Tabel 4. 3 Perhitungan Beban hidup Atap | 68 |
| Tabel 4. 4 Perhitungan Beban Mati Lantai | 69 |
| Tabel 4. 5 Perhitungan Beban hidup Lantai | 70 |

BAB V

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 1 Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya .. | 76 |
| Tabel 5. 2 Faktor Arah Angin, K_d | 78 |
| Tabel 5. 3 Konstanta Eksposur Daratan | 80 |
| Tabel 5. 4 Koefisien Tekanan Internal | 82 |
| Tabel 5. 5 Koefisien tekanan dinding..... | 84 |
| Tabel 5. 6 Koefisien tekanan atap | 85 |
| Tabel 5. 7 Kategori Resiko Bangunan..... | 86 |
| Tabel 5. 8 Faktor Keutamaan Gempa..... | 87 |
| Tabel 5. 9 N-SPT | 90 |
| Tabel 5. 10 Penentuan Kelas Situs | 91 |
| Tabel 5. 11 Penentuan F_a | 91 |
| Tabel 5. 12 Penentuan F_v | 92 |
| Tabel 5. 13 T terhadap S_a pada Respon Spektrum..... | 94 |
| Tabel 5. 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek | 95 |
| Tabel 5. 15 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik | 95 |
| Tabel 5. 16 Sistem Struktur yang diijinkan | 96 |
| Tabel 5. 17 Koefisien C_t dan x | 99 |
| Tabel 5. 18 Koefisien C_u untuk Penentuan batas atas Periode | 100 |
| Tabel 5. 19 Periode Struktur berdasarkan SAP 2000 | 100 |
| Tabel 5. 20 Partisipasi Massa | 104 |
| Tabel 5. 21 Berat Struktur dari program SAP 2000 | 106 |
| Tabel 5. 22 Base shear sebelum pembesaran | 106 |
| Tabel 5. 23 Base shear setelah pembesaran scale factor .. | 107 |
| Tabel 5. 24 Faktor Pembesaran Defleksi..... | 108 |
| Tabel 5. 25 Simpangan antar lantai arah x | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 26 Simpangan antar lantai arah y | 110 |
| Tabel 5. 27 Simpangan antar lantai arah x | 110 |
| Tabel 5. 28 Simpangan antar lantai arah Y | 111 |
| Tabel 5. 29 Perhitungan Beban Mati atao | 113 |
| Tabel 5. 30 Perhitungan Beban Mati Lantai..... | 114 |
| Tabel 5. 31 Perhitungan Beban Hidup atap..... | 114 |
| Tabel 5. 32 Perhitungan Beban Hidup Lantai | 114 |

BAB VI

| | |
|---|-----|
| Tabel 6. 1 Koefisien Momen Plat PBI | 135 |
| Tabel 6. 2 penulangan plat 2 arah..... | 140 |
| Tabel 6. 3 Spesifikasi Lift | 153 |

BAB IX

| | |
|-------------------------------|-----|
| Tabel 9. 1 Plat 1 arah..... | 219 |
| Tabel 9. 2 Plat 2 arah..... | 220 |
| Tabel 9. 3 Daftar Balok | 220 |
| Tabel 9. 4 Daftar kolom | 221 |

DAFTAR GAMBAR

BAB I

| | |
|--|---|
| Gambar 1. 1 Denah Lantai Typical | 2 |
|--|---|

BAB II

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 sketsa dimensi balok..... | 8 |
| Gambar 2. 2 pembebanan geser balok..... | 10 |
| Gambar 2. 3 Luasan Acp dan keliling Pcp | 12 |
| Gambar 2. 4 Luasan Ach dan Poh | 13 |
| Gambar 2. 5 Parameter Ss untuk kota Surabaya dan sekitarnya..... | 20 |
| Gambar 2. 6 Parameter S1 untuk kota Surabaya dan sekitarnya..... | 20 |
| Gambar 2. 7 Respon Spektrum..... | 22 |
| Gambar 2. 8 Kecepatan angin berdasarkan bmkg.co.id | 27 |
| Gambar 2. 9 Koefisien tekanan eksternal..... | 30 |
| Gambar 2. 10 Faktor elemen beban hidup, KLL..... | 32 |

BAB IV

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 1 sketsa balok T | 58 |
| Gambar 4. 2 Sketsa balok T tepi | 59 |
| Gambar 4. 3 Sketsa Luas Tributari Kolom..... | 67 |

BAB 5

| | |
|---|----|
| Gambar 5. 1 Permodelan Struktur | 73 |
| Gambar 5. 2 kecepatan angin pada www.bmkg.go.id | 77 |
| Gambar 5. 3 koefisien tekanan dinding | 84 |
| Gambar 5. 4 Penentuan S1 | 88 |
| Gambar 5. 5 Penentuan Ss..... | 88 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5. 6 Respon Spektrum Surabaya..... | 94 |
| Gambar 5. 7 Input Respon Spektrum Pada SAP 2000 | 98 |
| Gambar 5. 8 Scale Factor Gempa arah X | 107 |
| Gambar 5. 9 Scale Factor Gempa arah Y | 107 |
| Gambar 5. 10 Kolom yang di tinjau | 114 |
| Gambar 5. 11 Output Beban Axial SAP 2000..... | 115 |
| Gambar 5. 12 Momen Tumpuan SAP 2000 | 117 |
| Gambar 5. 13 Momen Lapangan SAP 2000..... | 117 |

BAB VI

| | |
|--|-----|
| Gambar 6. 1 Plat yang ditinjau | 121 |
| Gambar 6. 2 Dimensi Plat | 121 |
| Gambar 6. 3 Plat yang ditinjau | 134 |
| Gambar 6. 4 Dimensi plat..... | 134 |
| Gambar 6. 5 Sketsa Dimensi Tangga | 141 |
| Gambar 6. 6 Sketsa Hoistway | 153 |
| Gambar 6. 7 Sketsa Spesifikasi Lift | 154 |
| Gambar 6. 8 Sketsa Pembebanan Lift | 155 |
| Gambar 6. 9 Output Gaya dalam Lift Sap 2000..... | 155 |

BAB VII

| | |
|---|-----|
| Gambar 7. 1 Balok Induk yang ditinjau | 164 |
| Gambar 7. 2 Sketsa Acp dan Aoh | 174 |
| Gambar 7. 3 Panjang kait sengkang | 179 |
| Gambar 7. 4 Panjang Penjangkaran ke kolom | 184 |
| Gambar 7. 5 Sketsa Penentuan Jarak X..... | 185 |
| Gambar 7. 6 Gambar Desain Balok..... | 188 |
| Gambar 7. 7 Kolom yang ditinjau | 189 |
| Gambar 7. 8 Hasil Output Program PCACOL | 192 |
| Gambar 7. 9 Output PCACOL arah X | 194 |

BAB I

PENDAHULUAN

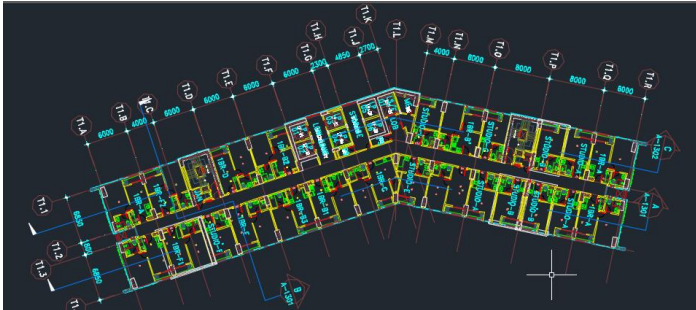
1.1 Latar belakang

Perkembangan Industri dan perekonomian di Surabaya saat ini sangat pesat, tentunya perkembangan tersebut di ikuti oleh perkembangan jumlah penduduk yang sangat pesat pula. Dengan terbatasnya lahan yang ada tidak mungkin bila kedepannya Surabaya hanya mengandalkan rumah biasa sebagai tempat tinggal penduduknya, salah satu cara mengatasi masalah tempat tinggal ini adalah membangun apartement.

Gedung Venetian adalah salah satu apartemen bagian dari superblock grand sungkono lagoon yang berlokasi di JL. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya. Gedung Venetian mempunyai struktur yang cukup unik, dimana bentuk layout bangunannya tidak kotak seperti bangunan pada umumnya bentuk gedung venetian berbelok pada bagian tengah gedung sehingga gedung berbentuk unik dan menjadi salah satu gedung yang iconic di kota Surabaya.

Proyek apartment yang berlokasi di Surabaya ini memiliki ketinggian 39 lantai dan 3 lantai basement. Proyek ini menggunakan sistem ganda dengan mengkombinasikan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser serta metode konvensional. Saat ini proyek sudah pada tahap *finishing* pemasangan dinding.

Pada tugas Akhir kali ini dimaksudkan untuk merencanakan ulang gedung Venetian ini menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Tinggi apartment semula 39 lantai didesain ulang menjadi 10 lantai tanpa basement.



Gambar 1. 1 Denah Lantai Typical

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan struktur yang efisien untuk menahan beban-beban yang terjadi?
2. Bagaimana kemampuan SRPMK dalam menahan beban lateral dan gravitasi?
3. Bagaimana cara menentukan perlunya dinding geser pada bangunan?
4. Bagaimana pengaruh beban gempa terhadap struktur?
5. Bagaimana cara menghitung RAB salah satu lantai gedung tersebut?

1.3 Tujuan

1. Menghasilkan permodelan dan pembebanan yang terjadi pada wilayah gempa yang lebih kuat
2. Menghasilkan laporan perhitungan struktur dari hasil modifikasi gedung venetian dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen
3. Menghasilkan laporan RAB lantai 2 yang akurat.
4. Menghasilkan gambar teknik sesuai laporan perhitungan struktur Bangunan Venetian dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen.

1.4 Batasan Masalah

1. Perhitungan struktur tidak meliputi perhitungan basement dan pondasi.
2. Perencanaan ini tidak meninjau manajemen konstruksi, utilitas dan arsitektural.
3. Metode pelaksanaan merupakan perhitungan RAB salah satu lantai di gedung tersebut.
4. Program bantu yang dipakai meliputi SAP 2000, Autocad 2015 dan Pccol.
5. Perhitungan struktur meliputi :
 - a. Balok.
 - b. Kolom.
 - c. Plat.

1.5 Manfaat

1. Dapat merencanakan struktur yang efisien untuk menahan beban-beban yang terjadi.
2. Dapat mengetahui kemampuan SRPMK dalam menahan beban lateral dan gravitasi.
3. Dapat menentukan perlu tidaknya dinding geser pada bangunan.
4. Dapat menghasilkan laporan perhitungan struktur dan gambar Teknik yang baik.
5. Dapat cara menghitung RAB salah satu lantai gedung tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Untuk mendesain gedung venetian ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan, gedung yang akan direncanakan ini akan menggunakan sistem rangka pemikul momen dimana kestabilan Gravitasi dan lateral akan ditahan oleh rangka ruang berupa balok dan kolom.

Dalam melakukan desain struktur gedung ini merujuk pada beberapa tata cara desain bangunan dan juga pada beberapa referensi khusus yang lazim digunakan. Beberapa acuan tersebut adalah :

1. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013),
2. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
3. Tata Cara Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012).
4. Building code requirements for structural concrete and commentary (ACI 318M-05)

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

Struktur rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur berupa portal atau rangka ruang yang terdiri dari balok dan kolom dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya bekerja secara bersama untuk menahan gaya-gaya yang bekerja melalui. Pada dasarnya SRPM memiliki konsep desain “strong column weak beam” yang berarti keruntuhan yang diperbolehkan terjadi terlebih dahulu adalah balok kemudian kolom, Karena pada umumnya struktur kolom menanggung beban dari beberapa balok sehingga apabila kolom gagal terlebih dahulu maka akan lebih dari satu balok yang hamper pasti juga akan gagal. Sesuai dengan namanya elemen struktur balok dan kolom di

desain untuk memikul momen yang terjadi. Hubungan balok kolom juga perlu dirancang khusus karena join tersebut juga merupakan elemen struktur yang menerima gaya setelah balok. Hubungan antar balok akan mempengaruhi kekakuan portal / rangka. Struktur rangka pemikul momen dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Pada tugas akhir ini gedung di desain menggunakan SRPMK yang merupakan sistem struktur yang dirancang untuk dapat menahan gaya gempa lebih baik dibanding dengan 2 jenis lainnya.

2.3 Konsep Desain

Prosedur dan ketentuan umum perencanaan mengacu pada SNI 1726-2012, SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1727-2013 dengan memperhitungkan beberapa ketentuan antara lain :

2.3.1 Gempa rencana dan kategori gedung

- Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun sehingga probabilitas terjadinya terbatas pada 2 % selama umur gedung 50 tahun.
- Pengaruh gempa rencana itu harus dikalikan oleh suatu factor keutamaan gedung. Faktor keutamaan ini untuk menyesuaikan periode ulang. Gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.

Faktor keutamaan gedung ini bergantung pada berbagai kategori gedung dan bangunan yang telah diatur pada SNI 1726-2012 pasal 4.1.2

2.3.2 Konfigurasi struktur

Langkah awal dari perencanaan struktur gedung ialah menentukan apakah gedung yang akan dirancang termasuk gedung yang beraturan atau tidak beraturan.

Ketidakteraturan struktur gedung akan diklasifikasikan menurut konfigurasi vertikal dan horizontal dari struktur bangunan gedung tersebut berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.3.2.

2.4 Ketentuan Khusus Elemen Struktur Beton SRPMK

Untuk mengetahui apakah suatu struktur menggunakan ketentuan Khusus Komponen Struktur Beton SRPMK Berdasarkan SNI 2847 2013 telah diatur pada pasal 21.1.1 Tabel S21.1.1.

2.4.1 Mutu Beton

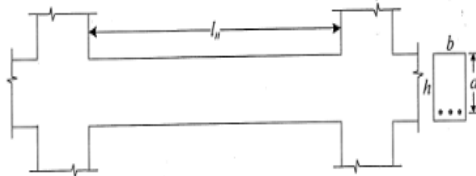
Sesuai SNI 2847 – 2013 Pasal 21.1.4.2 kekuatan tekan beton (f_c') tidak boleh kurang dari 20 mpa. Kuat tekan 20 mpa atau lebih dipandang menjamin kualitas beton. Untuk perencanaan gedung ini digunakan kuat tekan beton (f_c') sebesar 40 mpa.

2.4.2 Balok

Balok adalah salah satu elemen struktur pada SRPM yang berfungsi untuk menahan gaya gravitasi mati dan hidup, serta menyalurkan gaya lateral dari satu elemen struktur vertikal ke struktur yang lain. Tata cara komponen balok tertera didalam SNI 2847 : 2013 Pasal 21. Berikut ini adalah beberapa syarat yang tercantum dalam pasal tersebut:

- Gaya tekan aksial terfaktor $P_u < A_g \cdot f_c / 10$.
- Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur, sekurang-kurangnya harus ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang menerus
- Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya

- Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut
- Bentang bersih komponen struktur l_n harus lebih dari empat kali tinggi efektif balok.
- Lebar komponen b_w harus melebihi 0,3 h atau 250 mm.
- Lebar komponen struktur (b_w), tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu.
- 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu.
- rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025.
- Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan dengan jarak sepanjang:
 1. $d/4$
 2. 100 mm
- Sambungan tidak boleh dilewatkan pada area sendi plastis
- Panjang sendi Plastis diambil nilai terbesar antara:
 1. $L_n/4$
 2. $h \times 2$
- Sengkang pertama diletakan pada jarak 50 mm dari muka kolom
- Jarak sengkang tidak boleh melebihi nilai
 1. $d/4$
 2. $6 \times D$ tul
 3. 150 mm



Gambar 2. 1 sketsa dimensi balok

2.4.2.1 Syarat penulangan lentur :

Menentukan harga β_1 berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c - 7 \text{ mpa}}{28 \text{ mpa}} \right) \quad (2-1)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2-2)$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ atau } \rho_{\max} = 0.75 \rho_b \text{ (dipilih yang terkecil)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \text{ atau } \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (dipilih yang terbesar)}$$

$$A_{smin} = \text{Luas tulangan minimum} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b w . d$$

Hitung m :

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} \quad (2-3)$$

Hitung R_n :

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d} \quad (2-4)$$

Tentukan ratio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \quad (2-5)$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho b d \quad (2-6)$$

- Cek momen actual

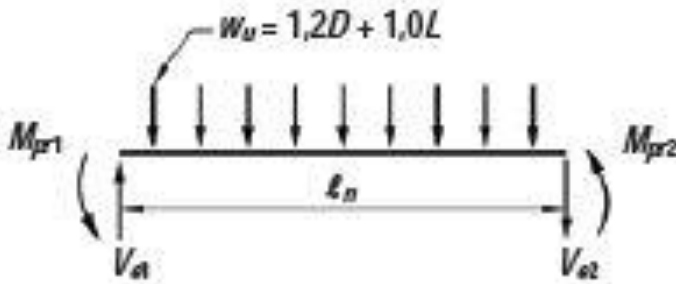
$$M_n = A_s . f_y . \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2-7)$$

Dimana:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2-8)$$

2.4.2.2 syarat tulangan geser :

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.1 gaya geser rencana (V_u) harus ditentukan dari peninjauan geser statik pada bagian komponen struktur antara dua muka-muka joint.



Gambar 2. 2 pembebanan geser balok

Kombinasi Beban yang digunakan untuk memperhitungkan gaya geser rencana adalah $1,2D+1L$

Hitung gaya geser total

$$V1 = \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{l_n} \pm \frac{w_u \cdot l_n}{2} \quad (2-9)$$

Dimana :

- $V1$ = gaya geser rencana
- M_{pr} = kuat lentur di ujung-ujung balok
- L_n = panjang balok
- W_u = beban merata

Kombinasi Beban yang digunakan untuk memperhitungkan gaya geser rencana adalah 1,2D+1L

Hitung nilai V_s (kuat geser yang disediakan oleh tulangan geser)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2-10)$$

Dimana :

$$\phi = 0.75 \quad (\text{SNI 2847 – 2013 pasal 9.3.2.3})$$

$$V_c = 0, \text{ Jika memenuhi SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.2}$$

Jika tidak, maka V_c diperhitungkan sebesar :

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (2-11)$$

Hitung kebutuhan tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{aktual}} \quad (2-12)$$

Dimana :

- V_s = gaya geser yang ditahan oleh tulangan baja
- A_v = luas penampang tulangan geser
- S = Jarak antar tulangan geser
- D = tinggi efektif balok
- F_y = mutu baja

Jarak maksimum antar tulangan geser pada daerah tumpuan, diambil yang terkecil antara:

- $S_{max} \leq \frac{1}{4} d$
- $S_{max} \leq 6 \text{ kali diameter terkecil tulangan lentur}$
- $S_{max} \leq 150 \text{ mm}$

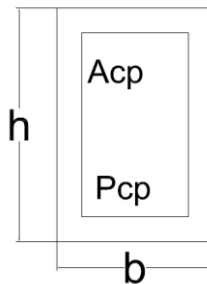
2.4.2.3 Perhitungan Tulangan Torsi

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.1 pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u :

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2-13)$$

dimana,

- ϕ = 0.75
- T_n = Kekuatan torsi nominal
- T_u = Kekuatan torsi terfaktor
- A_{cp} = Luas bruto penampang beton = $b \times h$
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton = $2 \times (b + h)$



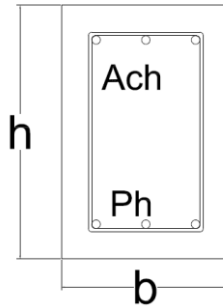
Gambar 2. 3 Luasan A_{cp} dan keliling P_{cp}

Cek kecukupan penampang balok :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \times d} + 0,66\sqrt{f'c}\right) \quad (2-14)$$

Dimana :

- A_{oh} = Luasan penampang dibatasi tulangan sengkang
 $\circ = b_h \times h_h$
- P_{oh} = Keliling penampang dibatasi tulangan sengkang
 $\circ = 2 \times (b_h + h_h)$
- b_h = $(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - D_{geser})$
- h_h = $(h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - D_{geser})$



Gambar 2. 4 Luasan Ach dan Poh

Tulangan Transversal Penahan Torsi :

$$\frac{At}{s} = \frac{Tu}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta} \quad (2-15)$$

Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

$$Al = \frac{At}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \quad (2-16)$$

2.4.2.4 Perencanaan panjang penyaluran

Pada SNI 2847 – 2013 pasal 12.12.1 Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik, l_d harus ditentukan berdasarkan pasal 12.2.2 atau 12.2.3 dan factor modifikasi dari 12.2.4 dan 12.2.5, tetapi l_d tidak boleh kurang dari 300 mm.

2.4.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertical dari rangka struktur yang menahan gaya dari balok dan slab dan meneruskannya ke pondasi. Kolom adalah salah satu elemen tekan yang memiliki peranan yang penting pada suatu bangunan, Karena runtuhnya suatu kolom dapat mengakibatkan runtuhnya suatu lantai atau runtuh total suatu struktur

Persyaratan untuk kolom pada SNI 2847 2013 diatur dalam komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban aksial dan beban lentur. Berikut persyaratan yang ada pada pasal 21.6 :

- Gaya tekan aksial terfaktor $P_u < A_g \cdot f_c / 10$.
- Dimensi penampang terpendek, diukur garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.
- Spasi tulangan transversal kolom tidak boleh melebihi :
 1. $\frac{1}{4}$ dimensi kolom terkecil
 2. $6 \times D$ tul
 3. S_0 menurut persamaan :

$$S_0 < 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

Dengan:

$h_x = 2/3$ jarak kaki pengikat silang, namun tidak perlu lebih dari 150 mm dan kurang dari 100 mm.

2.4.3.1 Syarat penulangan lentur kolom

- Luas tulangan memanjang $0,01A_g < A_{st} < 0,06A_g$.
- Untuk konstruksi cor di tempat ukuran tulangan $> 10 \text{ mm}$.
- Untuk memenuhi syarat strong coloumn weak beam, maka didapat syarat :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (2-17)$$

Dimana :

- $\sum M_{nc}$ = jumlah kuat momen kolom yang berada di muka-muka joint yang ditinjau, dimana kuat momen yang ditinjau tersebut harus menggunakan factor gaya lateral terendah sehingga menghasilkan kapasitas momen yang paling rendah.
- $\sum M_{nb}$ = jumlah kuat momen nominal balok T yang berada di muka-muka joint yang di tinjau ,sehingga kuat momen nominal plat juga harus diperhitungkan dengan lebar efektif yang didefinisikan pada bab 8.12

2.4.3.2 Syarat penulangan transversal kolom:

Gaya geser rencanan kolom akan diambil dari yang terbesar antara V_e atau V_u (gaya geser anaisis SAP 2000)

$$V_e = \left(\frac{M_{pr^-} + M_{pr^+}}{lu} \right) \quad (2-18)$$

Dimana :

- M_{pr^-} = kuat momen maksimum penanmpang kolom ujung atas
- M_{pr^+} = kuat momen maksimum penanmpang kolom ujung bawah
- lu = panjang kolom

Cek apakah $V_e > \frac{1}{2} V_u$ analisis dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $0,05 A_g f_c$ maka V_c dapat diambil = 0. Jika tidak, maka V_c dapat diperhitungkan.

$$\phi (V_s + V_c) > V_u \quad (2-19)$$

Dimana:

- V_u = gaya geser rencana
- V_s = kuat geser dari baja = $\frac{A_v f_{yt} d}{s}$
- V_c = kuat geser dari penampang beton = $0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_w d$

luas penampang minimum tulangan transversal sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.4, akan diambil nilai terbesar dari 2 rumus dibawah ini :

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s b c f'c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (2-20)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s b c f'c'}{f_{yt}} \quad (2-21)$$

spasi maksimum yang diijinkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.3 diambil nilai terbesar dari rumus berikut :

- S_{max} = seperempat dimensi komponen struktur minimum
- S_{max} = 6 x db
- S_{max} = $100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$
- S_{max} = 150 mm
- S_{min} = 100 mm

Tentukan daerah pemasangan penulangan transversal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1. Diambil yang terbesar diantara :

- l_o = h balok
- l_o = $1/6$ ln kolom

- $l_o = 450 \text{ mm}$

2.5 Pembebanan

Beban yang terjadi pada bangunan harus ditinjau dan diperhitungkan sedetail mungkin agar bangunan tidak mengalami keruntuhan atau *overload*.

2.5.1 Beban Mati

Beban mati (*dead load*) adalah beban yang memiliki besar yang konstan dan terdapat pada satu posisi tertentu. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur yang sedang ditinjau dan unsur – unsur tambahan lain atau peralatan tetap yang tidak terpisahkan dengan gedung. Untuk berat beban mati ini diambil dari brosur tentang spesifikasi barang/beban yang ditinjau.

2.5.2 Beban Hidup

Seluruh beban yang terjadi akibat penggunaan suatu gedung yang didalamnya terdapat benda – benda yang dapat dipindah, mesin – mesin yang merupakan bagian yang terpisahkan dari struktur. Beban hidup setiap gedung atau bahkan ruangan berbeda – beda bergantung pada aktifitas yang ada pada ruangan tersebut karena pada dasarnya beban hidup tidak konstan dan bisa berubah – ubah selama umur gedung tersebut. Namun perubahan beban hidup harus dibatasi oleh fungsi utama ruangan yang telah didesain dan tidak boleh melebihi kapasitas desain.

| | | |
|--|------------------------|--|
| Rumah tinggal | | |
| Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) | | |
| Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang | 10 (0,48) ^l | |
| Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang | 20 (0,96) ^m | |
| Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur | 30 (1,44) | |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 40 (1,92) | |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya | | |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka | 40 (1,92) | |
| Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka | 100 (4,79) | |

Tabel 2. 1beban hidup

2.5.3 Beban Gempa

Beban lateral yang disebabkan oleh gempa di setiap tempat berbeda-beda yang bergantung pada beberapa faktor diantaranya adalah faktor keutamaan bangunan, kondisi tanah, percepatan perambatan tanah, dan sistem struktur yang digunakan. Perencanaan beban gempa di Indonesia diatur dalam SNI 1726 2012. Peraturan memuat ketentuan – ketentuan koefisien yang telah ditetapkan.

2.5.3.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko

Kategori resiko sebuah bangunan dilihat dari fungsional dari bangunan itu sendiri. Kebutuhan keamanan struktur terhadap gaya gempa setiap fungsi bangunan akan berbeda. Dari tabel faktor keutamaan bangunan SNI 1726 2012 untuk gedung apartemen

termasuk kategori resiko II dan memiliki faktor keutamaan (I_e) sebesar 1,0.

| Jenis pemanfaatan | Kategori resiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I |
| Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |

Tabel 2. 2 Kategori resiko

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa

2.5.3.2 Klasifikasi Jenis Tanah

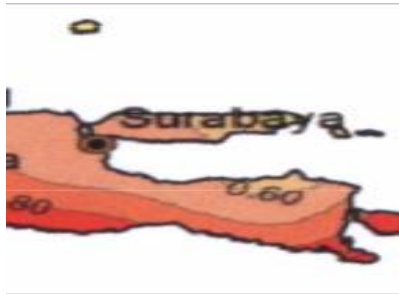
Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dari.

| Kelas situs | \bar{v}_s (m/detik) | \bar{N} atau \bar{N}_{ch} | \bar{s}_u (kPa) |
|--|---|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras) | >1500 | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 | >50 | ≥ 100 |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |
| SE (tanah lunak) | < 175 | <15 | < 50 |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1) | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa | | |
| | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa | | |

Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs

2.5.3.3 Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_I)

Pada SNI 1726 2012 untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya memiliki nilai S_s sebesar 0,65 dan S_I sebesar



Gambar 2. 5 Parameter S_s untuk kota Surabaya dan sekitarnya



Gambar 2. 6 Parameter S_I untuk kota Surabaya dan sekitarnya

2.5.3.4 Koefisien Situs

Koefisien ini untuk menentukan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah. Diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic yang getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_s). Parameter spektrum respon percepatan pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad \text{dan} \quad S_{M1} = F_v S_I$$

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s | | | | |
|-------------|--|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| SD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| SE | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 0,9 | 0,9 |
| SF | SS ^b | | | | |

Tabel 2. 5 Koefisien Situs , F_a

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1 | | | | |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 \geq 0,5$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| SD | 2,4 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| SE | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 |
| SF | SS ^b | | | | |

Tabel 2. 6 Koefisien Situs , F_v

Parameter percepatan spektral desain pendek S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} .

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad \text{dan} \quad S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

2.5.3.5 Penentuan Kategori Desain Seismik

| Nilai S_{DS} | Kategori risiko | |
|----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B | C |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ | C | D |
| $0,50 \leq S_{DS}$ | D | D |

Tabel 2. 7 Penentuan Kategori Risiko menggunakan S_{DS}

| Nilai S_{D1} | Kategori risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$ | A | A |
| $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{D1}$ | D | D |

Tabel 2. 8Penentuan Kategori Risiko menggunakan S_{D1}

2.5.3.6 Desain Respons Spektrum

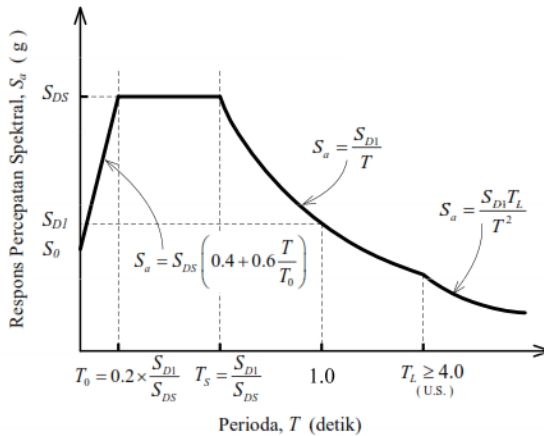
Penentuan Kurva Respons Spektrum berdasarkan ketentuan SNI 1726 : 2012 pasal 6.4 dibawah ini

- $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$ (2-22)

- $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$ (2-23)

- $T_a = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (2-24)

- $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ (2-25)



Gambar 2. 7Respon Spektrum

2.5.3.7 Penentuan Sistem Penahan Gempa

| | | | |
|--|----|---|----|
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah | 4½ | 3 | 4 |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa | 3½ | 3 | 3 |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah | 5 | 3 | 4½ |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa | 3 | 3 | 2½ |
| 8. Rangka baja dan beton komposit pemikul | 8 | 3 | 5½ |

Tabel 2. 9 Penentuan koefisien-koefisien pada SRPMK

Keterangan :

R^a = Koefisien Modifikasi Respon

Ω_0^g = Faktor Kuat Lebih Sistem

C_d^b = Faktor Rembesan Defleksi

2.5.3.8 Penentuan Perkiraan Periode Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.2 penentuan periode alami fundamental (T_a) ditentukan dengan persamaan:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana

- h_n =total tinggi bangunan sedangkan
- C_t = koefisien dari tabel
- X =koefisien dari tabel

| Tipe struktur | C_t | α |
|---|---------------------|----------|
| Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa: | | |
| Rangka baja pemikul momen | 0,0724 ^a | 0,8 |
| Rangka beton pemikul momen | 0,0466 ^a | 0,9 |
| Rangka baja dengan bresing eksentris | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 ^a | 0,75 |

Tabel 2. 10 Nilai C_t dan α

Perioda struktur yang didapatkan dari hasil analisis gempa tidak boleh melebihi batasan atas dari periode fundamental yang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

| Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1} | Koefisien C_u |
|---|-----------------|
| $\geq 0,4$ | 1,4 |
| 0,3 | 1,4 |
| 0,2 | 1,5 |
| 0,15 | 1,6 |
| $\leq 0,1$ | 1,7 |

Tabel 2. 11 Koefisien C_u

2.5.3.9 Penentuan Gaya Dasar Seismik

Menentukan koefisien Respon Seismik (C_s) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$C_s = \frac{SDS}{R/I_e} \quad (2-26)$$

dan C_s tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{SDS}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2-27)$$

Dan C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times SDS \times I_e \geq 0,01$$

$$V = C_s \times W$$

Untuk

- $T < 0,5 \text{ s}$; maka nilai $k = 1$
- $T > 2,5 \text{ s}$; maka nilai $k = 2$
- $0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$

2.5.4 Beban Air Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder dengan aliran rencananya. Perhitungan beban air hujan rencana berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 8 adalah :

$$R = 5,2 (d_s + d_h) \quad (2-28)$$

Dalam SI :

$$R = 0,0098 (d_s + d_h) \quad (2-29)$$

Dimana :

- R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam $\text{lb/ft}^2 (\text{KN/m}^2)$
- d_s = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang
- masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)
- d_h = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas

- lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam in. (mm)

2.5.5 Beban Angin

Prosedur perencanaan angin untuk bangunan dari semua ketinggian dilakukan berdasarkan SNI 1727 - 2013 pasal 27 dimana perencanaan menggunakan presedur bagian 1 yaitu bangunan gedung dari semua ketinggian dimana perlu untuk memisahkan beban angina yang diterapkan ke dinding di sisi angina datang, di sisi angin pergi, dan sisi bangunan gedung untuk memperhitungkan gaya – gaya internal dalam komponen struktur SPBAU.

Langkah-langkah dalam menentukan beban angina dalah sebagai berikut :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain seperti tercantum pada tabel berikut :

| Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan | I |
| Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV | II |
| Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia. | III |
| Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan. | IV |
| Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat. | IV |
| Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya. | |

Tabel 2. 12 Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya

2. Menentukan kecepatan angina dasar, V untuk kategori risiko yang sesuai. Penentuan kecepatan angin ini menggunakan data dari <http://www.bmkg.go.id>



Gambar 2. 8 Kecepatan angin berdasarkan bmkg.co.id

3. Menentukan parameter beban angin diantaranya :

- Faktor arah angin, K_d berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.6
 - Kategori eksposur berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.7
 - Faktor topografi, K_{zt} berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.8
 - Faktor efek tiupan angin berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.9
 - Klasifikasi ketertutupan berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.10
 - Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.11
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

| Tinggi di atas level tanah, z | | Eksposur | | |
|-------------------------------|---------|----------|------|------|
| | | B | C | D |
| ft | (m) | | | |
| 0-15 | (0-4,6) | 0,57 | 0,85 | 1,03 |
| 20 | (6,1) | 0,62 | 0,90 | 1,06 |
| 25 | (7,6) | 0,66 | 0,94 | 1,12 |
| 30 | (9,1) | 0,70 | 0,98 | 1,16 |
| 40 | (12,2) | 0,76 | 1,04 | 1,22 |
| 50 | (15,2) | 0,81 | 1,09 | 1,27 |
| 60 | (18) | 0,85 | 1,13 | 1,31 |
| 70 | (21,3) | 0,89 | 1,17 | 1,34 |
| 80 | (24,4) | 0,93 | 1,21 | 1,38 |
| 90 | (27,4) | 0,96 | 1,24 | 1,40 |
| 100 | (30,5) | 0,99 | 1,26 | 1,43 |
| 120 | (36,6) | 1,04 | 1,31 | 1,48 |
| 140 | (42,7) | 1,09 | 1,36 | 1,52 |
| 160 | (48,8) | 1,13 | 1,39 | 1,55 |
| 180 | (54,9) | 1,17 | 1,43 | 1,58 |
| 200 | (61,0) | 1,20 | 1,46 | 1,61 |
| 250 | (76,2) | 1,28 | 1,53 | 1,68 |
| 300 | (91,4) | 1,35 | 1,59 | 1,73 |
| 350 | (106,7) | 1,41 | 1,64 | 1,78 |
| 400 | (121,9) | 1,47 | 1,69 | 1,82 |
| 450 | (137,2) | 1,52 | 1,73 | 1,86 |
| 500 | (152,4) | 1,56 | 1,77 | 1,89 |

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
 Untuk $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft.}$
 $K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$ $K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

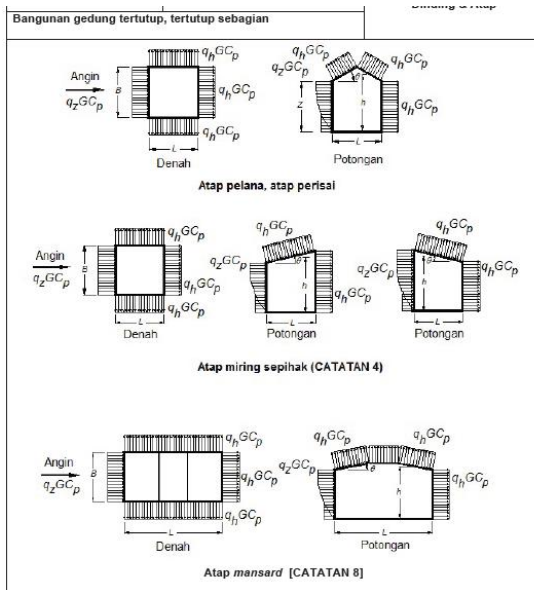
Tabel 2. 13 Koefisien eksposur tekanan velositas

5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (1) ; V \text{ dalam m/s}$$

Dimana :

- K_d = faktor arah angin
 - K_z = koefisien eksposur tekanan velositas
 - K_{zt} = faktor topografi tertentu
 - V = Kecepatan angin dasar
 - q_z = tekanan velositas dihitung menggunakan persamaan 1 pada ketinggian z
 - q_h = tekanan velositas dihitung menggunakan persamaan 1 pada ketinggian atap rata – rata h
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N berdasarkan gambar berikut :



Gambar 2. 9 Koefisien tekanan eksternal

7. Menghitung tekanan angin p , pada setiap permukaan bangunan gedung berdasarkan persamaan berikut :

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2\text{) (N/m}^2\text{)}$$

Dimana :

$q = q_z$ untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah

$q = q_h$ untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h

$q_i = q_h$ untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup

untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$ untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan

gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif.

G = faktor efek tiupan angin

C_p = koefisien tekanan eksternal

GC_{pi} = koefisien tekanan internal

8. Cek beban angin minimum untuk bangunan gedung tertutup yaitu tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ KN/m}^2$ dikalikan dengan luas dinding bangunan

2.5.6 Reduksi Beban hidup merata

Berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 4.7.2 , komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL}A_T = 400 \text{ ft}^2$ ($37,16 \text{ m}^2$) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut :

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \quad (2-30)$$

Dimana :

- L = beban hidup tereduksi per m^2 dari luasan yang didukung komponen struktur
- L_o = beban hidup rencanan tanpa reduksi per m^2 dari luasan yang didukung oleh komponen struktur
- K_{LL} = faktor elemen beban hidup
- A_T = luas tributary dalam m^2

| Elemen | K_{LL}^a |
|--|------------|
| Kolom-kolom interior | 4 |
| Kolom-kolom eksterior tanpa pelat kantilever | 4 |
| Kolom-kolom tepi dengan pelat kantilever | 3 |
| Kolom-kolom sudut dengan pelat kantilever | 2 |
| Balok-balok tepi tanpa pelat-pelat kantilever | 2 |
| Balok-balok interior | 2 |
| Semua komponen struktur yang tidak disebut diatas: Balok-balok tepi dengan pelat-pelat kantilever Balok-balok kantilever Pelat-pelat satu arah Pelat-pelat dua arah Komponen struktur tanpa ketentuan-ketentuan untuk penyaluran Geser menerus tegak lurus terhadap bentangnya | 1 |

Gambar 2. 10 Faktor elemen beban hidup, KLL

2.5.7 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727 : 2013:

1. Kombinasi ultimate, pasal 2.3.2

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan tulangan

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (Lr \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

2. Kombinasi layanan, pasal 2.4.1

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan pondasi dan struktur baja

- $U = D$
- $U = D + L$
- $U = D + Lr \text{ atau } S \text{ atau } R$
- $U = D + 0,75L + 0,75 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$

- $U = D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
- $U = 0,6D + 0,6W$
- $U = 0,6D + 0,7E$

dimana,

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

W = beban angin

Lr = beban hidup atap

R = beban hujan

S = beban salju

Halaman ini sengaja dikosongkan

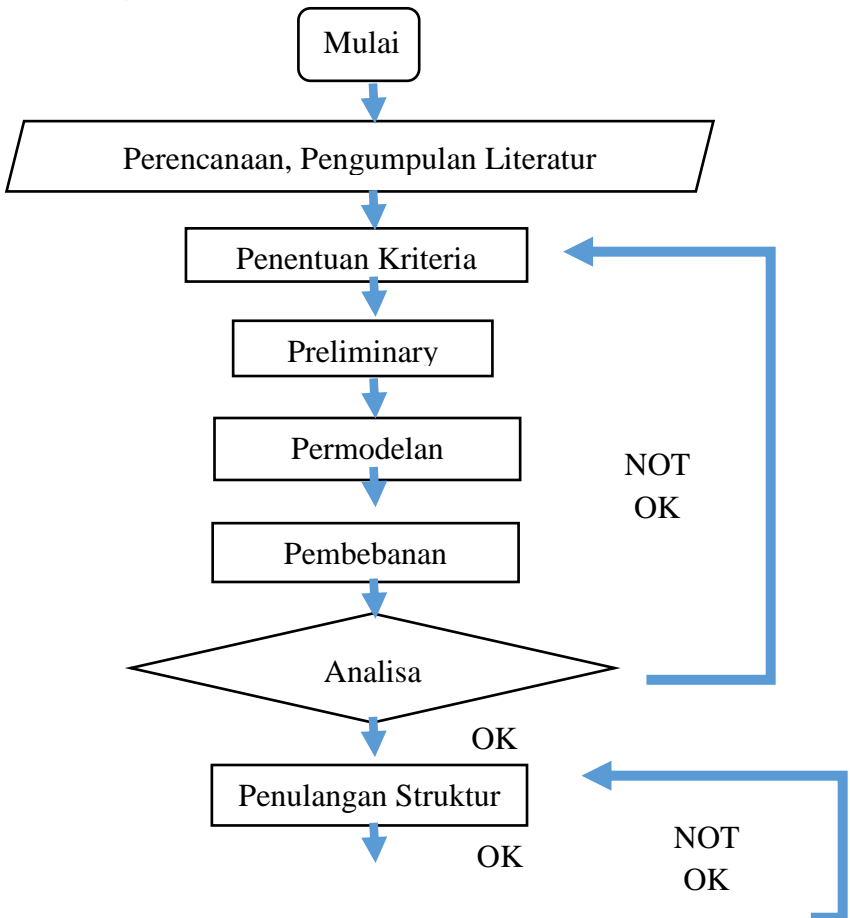
BAB III

METODOLIGI

3.1 Umum

Perencanaan gedung apartment menggunakan metode SRPMK yang tentunya harus memiliki susunan langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan-urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur sampai penyajian analisa struktur dan gambar teknik pada akhirnya.

3.2 Diagram Alir Perencanaan





3.3 Pencarian dan Pengumpulan Data

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode SRPMK, data bangunan Venetian sebagai berikut :

1. Data umum
 - a. Nama gedung : Apartment Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian
 - b. Lokasi : JL. Abdul Wahab Siamin Kav 9-10 Surabaya
 - c. Fungsi : Apartemen
 - d. Jumlah lantai : 10
 - e. Tinggi bangunan : +34m
 - f. Struktur utama : Struktur beton bertulang
2. Data bahan
 - a. Mutu beton : $f_c' 40$
 - b. Mutu baja : BJTD-24 dan BJTD-40
3. Data tanah : Terlampir
4. Data Gambar

- a. Gambar struktur : Terlampir
- b. Gambar arsitektur : Terlampir

Beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 : 2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).
4. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung : ITB.
5. Rachmat Purwono. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya. ITS Press.
6. ACI. 2008. *Building Code Requirement For Structural Concrete And Commentary* - ACI 318-08. USA.

3.4 Penentuan Kriteria Desain

Secara umum pemilihan kriteria desain harus memenuhi syarat berikut :

1. Kuat

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013, pasal 9, kuat mempunyai arti bahwa kemampuan suatu struktur harus didesain mempunyai kekuatan desain paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya berfaktor dalam kombinasi yang ditetapkan pada standart ini. Dapat disimpulkan bahwa kuat rencana harus lebih besar atau sama dengan kuat perlu ($U \leq \Phi R$). Dimana Φ adalah faktor reduksi kekuatan, R merupakan kuat nominal, dan U adalah kuat perlu.

2. Layak

Layak berarti suatu struktur atau elemen struktur harus memiliki lendutan, simpangan dan retakan yang masih dalam batas toleransi sehingga penghuni struktur tersebut tidak merasa terancam bahaya.

Dalam perencanaan struktur ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana jaminan akan kekuatan elemen struktur sudah dijelaskan dalam SNI 1726 : 2012, pasal 7.2.5.5 berdasarkan kelas situ data tanah, SNI 2847 : 2013, pasal 21.5 - 21.8

3.5 Preliminary Desain

3.5.1 Pengaturan Denah

Dalam pengaturan denah yang perlu mendapat perhatian adalah fungsi bangunan dan peruntukan tata ruang.

3.5.2 Penentuan Dimensi Elemen Struktur

3.5.2.1 Dimensi Pelat

Pelat menurut SNI 2847 : 2013, pasal 9.5.3.3 adalah

1. $\alpha_{fm} \leq 0.2$

Tebal pelat tanpa penebalan = 125mm

Tebal pelat dengan penebalan = 100mm

2. $0.2 \leq \alpha_{fm} \leq 2.0$

$$h_{\min} = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0.2)} \geq 125\text{mm}$$

3. $\alpha_{fm} > 2.0$

$$h_{\min} = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta} \geq 90\text{mm}$$

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \left(4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3\right)}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h_w}\right)}$$

$$\beta = \frac{l_n}{s_n}$$

dimana,

h = Tebal pelat total

l_n = Panjang bentang bersih terpanjang pelat

α_f = Rasio kekuatan lentur

α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk ke empat sisi pelat

β = Rasio bentang bersih terpanjang terhadap bentang bersih terpendek pelat

dimana, $2 \geq l_n / s_n$, bentang satu arah

$2 \leq l_n / s_n$, bentang dua arah

Pelat *precast* di desain menjadi satu arah dengan lebar maksimal 3.7m menurut SNI 7833 : 2012, pasal 4.4.1

3.5.2.2 Balok

Balok anak menurut SNI 2847 : 2013, tabel 9.5(a) dan SNI 7833 : 2012, tabel 2 adalah

$$h_{min} = \frac{L}{16}, f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right), f_y \text{ selain } 420 \text{ MPa}$$

dimana, $b_w \geq 250\text{mm}$ dan $b_w \geq 0.3h$ menurut SNI 2847 : 2013, pasal 21.5.1.2.

3.5.2.3 Dimensi Kolom

Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300mm menurut SNI 2847 : 2013, pasal 21.6.1.1, rasio dimensi penampang tidak boleh kurang dari 0.4 menurut SNI 2847 : 2013, pasal 21.6.1.2 dan ϕP_n lebih dari $0.1 A_g f_c'$ atau dengan pendekatan

$$A_g = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

dimana,

Φ = 0.65 SNI 2847 : 2013, pasal 9.3.2.2

W = Beban aksial yang diterima

f_c' = Mutu beton

3.5.2.4 Dimensi Tangga

Perencanaan tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi – rol. Syarat perencanaan tangga harus memenuhi syarat berikut ini :

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$
- Syarat kemiringan tangga : $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana :

i = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

α = Kemiringan tangga

3.6 Permodelan Struktur

Balok dimodelkan menyatu dengan kolom atau dinding geser (bila diperlukan) sehingga permodelan tumpuan balok adalah jepit. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh

elemen balok yang distribusinya berupa beban segitiga ataupun trapesium.

3.7 Pembebanan Struktur

3.7.1 Beban Mati

Untuk menyesuaikan beban sedekat mungkin dengan kenyataan maka untuk beban mati tambahan perlu disesuaikan dengan barang-barang yang ada di lapangan sesuai dengan spesifikasi teknis yang ada, maka dari itu untuk beban mati tambahan akan merujuk kepada brosur-brosur spesifikasi teknis produk.

- Beban lapisan waterproofing : 0.01 kN/m²
(Brosur AQUAPROOF)
- Beban keramik: 0.154 kN/m²
(Brosur keramik ROMAN ukuran 30x30)
- Beban ducting mekanikal : 0.191 kN/m²
(ASCE 2002 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
- Beban system plafond : 0.065 kN/m²
(Brosur plafond JayaBoard)
- Bata ringan : 0.9 kN/m²
(Brosur hebel tebal 150mm)
- Spesi: 0.05 kN/m²
(Brosur DRYMIX)

3.7.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727 : 2013, tabel 4-1

| | |
|--|------------------------|
| Rumah tinggal | |
| Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) | |
| Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang | 10 (0,48) ^l |
| Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang | 20 (0,96) ^m |
| Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur | 30 (1,44) |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 40 (1,92) |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya | |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka | 40 (1,92) |
| Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka | 100 (4,79) |

Tabel 3. 1 Beban Hidup

3.7.3 Beban Gempa

Menurut SNI 1726 : 2012 terdapat beberapa factor dalam perencanaan beban gempa, meliputi:

- Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung.
- Factor keutamaan (I_e) gempa pada.
- Klasifikasi kelas situs pada diolah dari data tanah.
- Percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) pada.
- Percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1) pada.
- Percepatan respon spektrum periode pendek (F_a).
- Percepatan respon spektrum periode 1 detik (F_v).
- Parameter respon spectrum desain untuk periode pendek (S_{MS})

$$S_{MS} = F_a S_s$$

- Parameter respon spectrum desain untuk periode 1 detik (S_{M1})

$$S_{M1} = F_v S_1$$

- Parameter spektra desain untuk periode pendek (S_{DS})

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

- Parameter spektra desain untuk periode 1 detik (S_{D1})

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

- $T_0 : 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

- $T_s : \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

3.7.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727 : 2013:

3. Kombinasi ultimate, pasal 2.3.2

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan tulangan

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L_r \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

- $U = 1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

4. Kombinasi layan, pasal 2.4.1

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan pondasi dan struktur baja

- $U = D$
- $U = D + L$
- $U = D + L_r \text{ atau } S \text{ atau } R$
- $U = D + 0,75L + 0,75 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
- $U = 0,6D + 0,6W$
- $U = 0,6D + 0,7E$

dimana,

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

W = beban angin

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

S = beban salju

3.8 Analisa Struktur

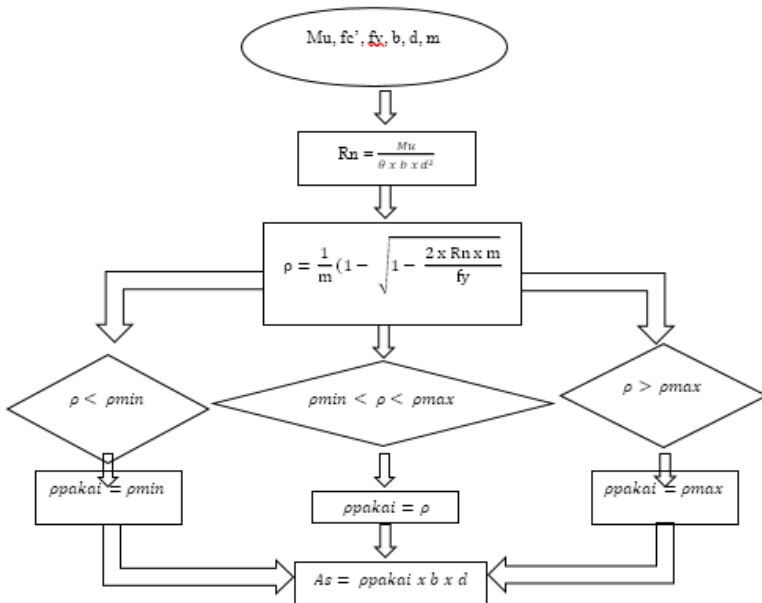
Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program SAP 2000. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

- Bentuk gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari preliminary desain
- Wilayah gempa
- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

3.9 Perencanaan Penulangan

3.9.1 Perencanaan Tulangan Pelat

3.9.1.1 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur



3.9.1.2 Perhitungan tulangan geser

Perhitungan kebutuhan tulangan geser berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 11 adalah

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_s = A_v \times f_y \times d / s$$

dimana,

- V_n = Kekuatan geser nominal
- V_u = Kekuatan geser terfaktor
- V_c = Kekuatan geser yang disediakan beton
- V_s = Kekuatan geser yang disediakan tulangan

$V_u \leq 0.5 \phi V_c$ Tidak perlu tulangan geser

$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$ Pakai tulangan geser minimum

$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s)$ Perlu tulangan geser

3.9.1.3 Pehitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 2847 : 2013,pasal 7.12. Tulangan susut minimum dari rasio luasan tulangan dengan luasan beton adalah 0.002.

3.9.2 Perencanaan Tulangan Balok

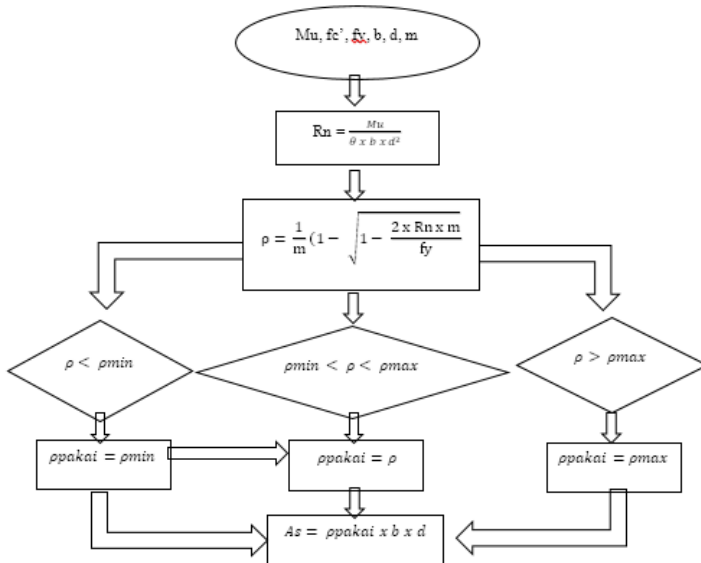
Beban pelat yang diteruskan ke balok dihitung sebagai beban trapesium, segitiga dan dua segitiga. Beban ekivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi di balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser (perhitungan tulangan longitudinal sama dengan pelat).

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur dan geser. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok dapat dilihat pada diagram alir perhitungan komponen lentur dan harus memenuhi ketentuan SRPMK yang tercantum dalam SNI 2847 : 2013 Pasal 21.8

3.9.2.1 Diagram Alir Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Tata cara perhitungan penulangan lentur untuk komponen

balok dapat dilihat pada diagram alir perhitungan komponen lentur dan harus memenuhi ketentuan SRPMK yang tercantum dalam SNI 2847 : 2013 Pasal 21.5.



3.9.2.2 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847 : 2013,pasal 11 dan SNI 2847 : 2013,pasal 21.5.4 adalah

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_s = A_v \times f_y \times d / s$$

dimana,

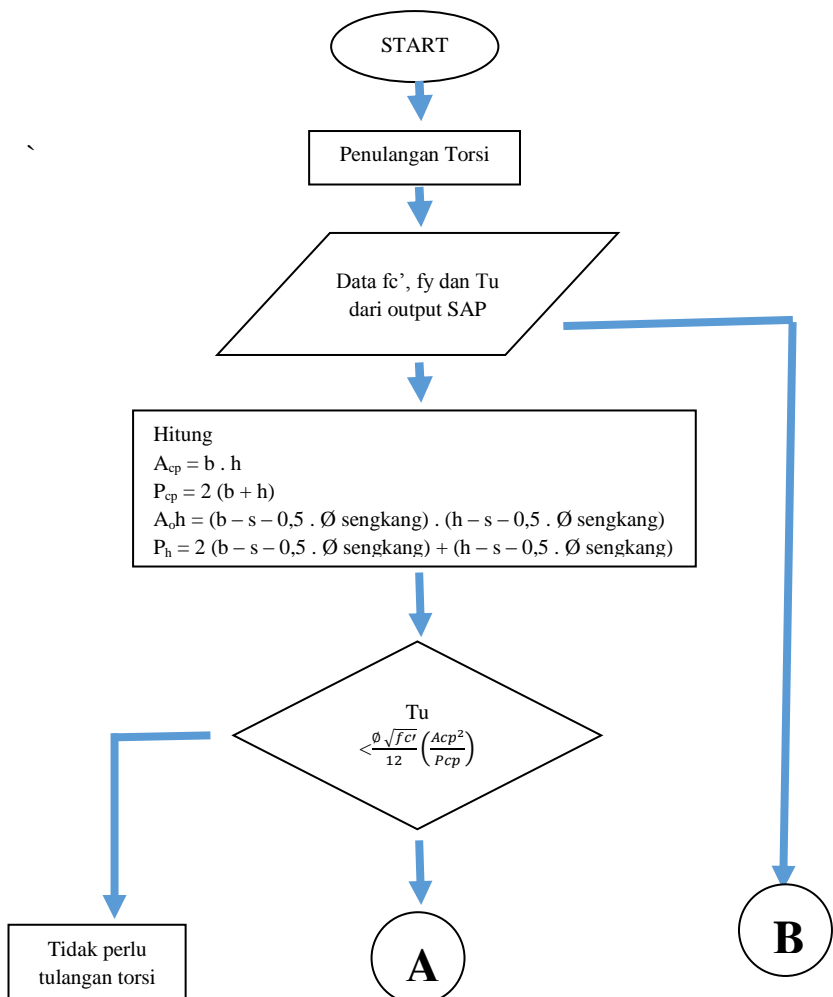
- V_n = Kekuatan geser nominal
- V_u = Kekuatan geser terfaktor
- V_c = Kekuatan geser yang disediakan beton
- V_s = Kekuatan geser yang disediakan tulangan

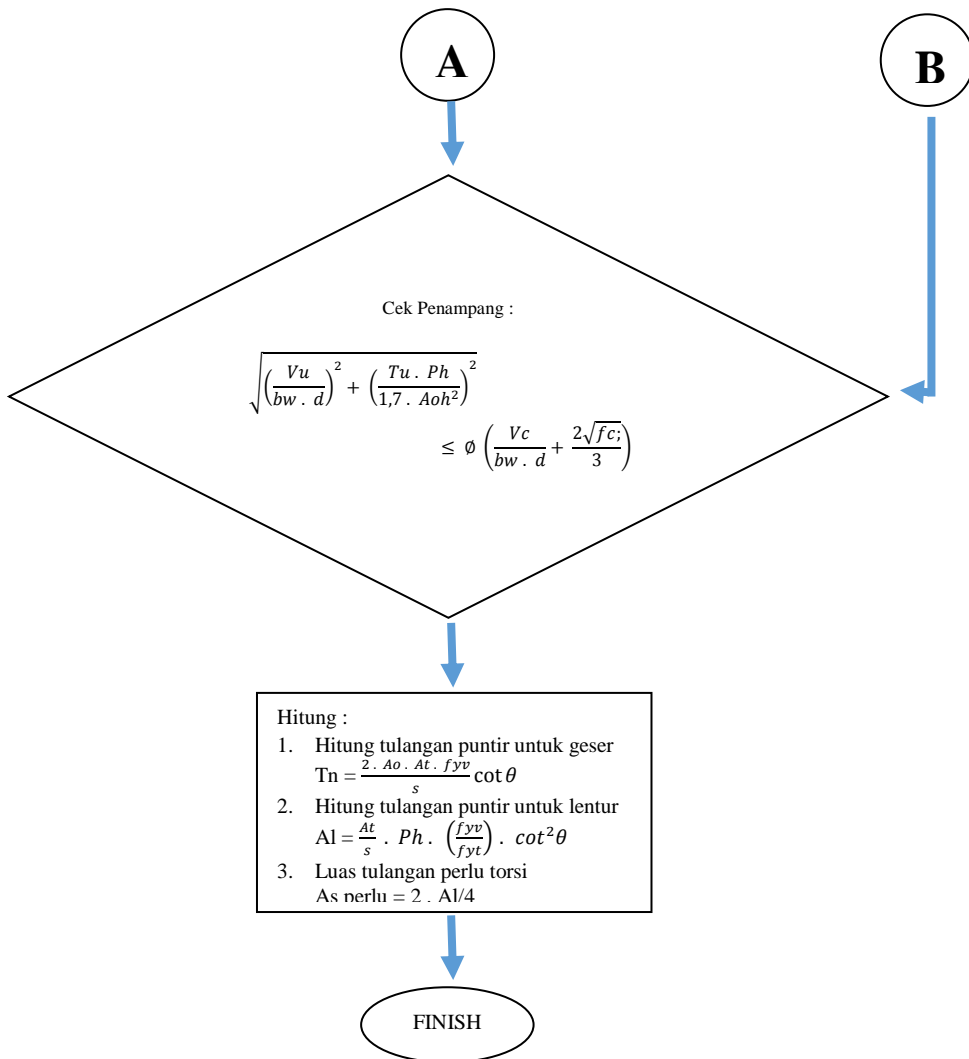
$V_u \leq 0.5 \phi V_c$ Tidak perlu tulangan geser

$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$ Pakai tulangan geser minimum

$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s)$ Perlu tulangan geser

3.9.2.3 Perencanaan Tulangan Torsi





3.9.3 Perencanaan Tulangan Kolom

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847 : 2013,pasal 21.6. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847 :2013,pasal 21.6.4. sedangkan untuk menghitung momen rencana akan dibantu dengan program PCACOL

3.9.4 Gambar Teknik

Hasil dari analisa struktur diatas divisualisasikan dalam gambar teknik. Dalam penggambaran ini menggunakan program AutoCAD 2016.

3.9.5 Kesimpulan dan Saran

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Preliminary Design Balok

Preliminary Design Balok bertujuan untuk mendapatkan dimensi penampang yang efektif sesuai dengan peraturan yang ada. Untuk tugas akhir ini balok direncanakan menggunakan baja $f_y = 390 \text{ Mpa}$ dan beton mutu $f_c = 40 \text{ Mpa}$.

Tinggi balok minimum (h_{min}) tanpa memperhitungkan lendutan diatur berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2. Tabel 9.5

(a). Sedangkan untuk lebar balok dapat diestimasikan antara $1/2 - 2/3$ tinggi balok .

$$h_{min} = \frac{l}{16}$$

dimana:

l = panjang bentang

Untuk f_y selain 420 Mpa maka nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 + f_y/700)$.

4.1.1 Balok induk memanjang 1 ($L=6000\text{mm}$)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{600}{16} (0.4 + 400/700) = 36.42 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 65 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 55 = 36.27 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 35cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 6000mm digunakan balok berdimensi 35/65 cm.

4.1.2 Balok induk memanjang 2 (L=4000mm)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{400}{16} (0.4 + 400/700) = 24.25 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 50 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 40 = 26.67 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 35 cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 4000mm digunakan balok berdimensi 35/50 cm.

4.1.3 Balok induk memanjang 3 (L=8000mm)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{800}{16} (0.4 + 400/700) = 60 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 70 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 40cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 8000mm digunakan balok berdimensi 40/70 cm.

4.1.4 Balok induk melintang 1 (L=5750mm)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{575}{16} (0.4 + 400/700) = 34.85 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 55 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 55 = 36.67 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 30cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 5750mm digunakan balok berdimensi 30/55 cm.

4.1.5 Balok induk melintang 2 (L=4000mm)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{400}{16} (0.4 + 400/700) = 24.25 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 50 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 35 = 23.3 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 35 cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 4000mm digunakan balok berdimensi 35/50 cm.

4.1.6 Balok anak melintang 1 (L=5750mm)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{575}{16} (0.4 + 400/700) = 34.85 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 40 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 40 = 26.67 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 30cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 5750mm digunakan balok berdimensi 40/30 cm.

| TIPE Balok | L as-as | H | B |
|---------------|---------|-----|-----|
| | mm | mm | mm |
| B1 | 6000 | 650 | 350 |
| B2 | 8000 | 700 | 400 |
| B3 | 4000 | 500 | 350 |
| BA | 5750 | 450 | 300 |
| BL | 2750 | 400 | 300 |

| | | | |
|----------|------|-----|-----|
| B bordes | 4000 | 400 | 300 |
| S1 | 6000 | 650 | 350 |
| S2 | 8000 | 700 | 400 |
| S3 | 4000 | 500 | 350 |

Tabel 4. 1 Daftar dimensi balok

4.2 Preliminary Design Plat

Estimasi ketebalan plat lantai awal diperkirakan

$$t = \frac{l}{36}$$

Dimana:

l = panjang bentang

t = tebal plat

Tetapi untuk memenuhi syarat lendutan maka perhitungan dimensi plat harus berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3** . tebal plat sebagai berikut :

a. Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5(3(2))

b. Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi .

$$h = \frac{Ln \times \left[0.8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

c, Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

keterangan :

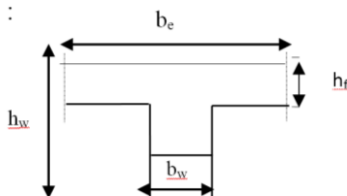
L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

f_y = Tegangan Leleh Baja

α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 8.12 disebutkan beberapa kriteria penentuan lebar efektif dari balok T (b_e). Nilai lebar efektif (b_e) diambil nilai terkecil dari hasil perhitungan berikut



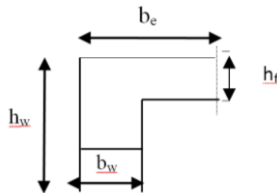
Gambar 4. 1 sketsa balok T

Interior

$$be1 = 1/4 Lb$$

$$be2 = bw + 8t$$

$$be3 = 1/2 Sb$$



Gambar 4. 2 Sketsa balok T tepi

Eksterior

$$be1 = 1/12 Lb$$

$$be2 = bw + 6t$$

$$be3 = 1/2 Sb$$

berdasarkan buku “Desain Beton Bertulang, oleh Chu-Kia Wang dan Charles G Salmon” menyatakan bahwa : momen inersia dari penampang balok dengan flens terhadap sumbu putarnya senilai

$$Ib = k \times \frac{bw \times h^3}{12}$$

Dengan nilai k sebagai berikut

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

Dimana :

be = lebar efektif (cm)

bw = lebar balok (cm)

t = tebal rencana pelat (cm)

h = tinggi balok (cm)

sedangkan untuk momen inersia pelat:

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

Setelah nilai inersia balok dan plat diketahui maka kita bisa menghitung nilai alpha dengan rumus sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{E_{balok} \times I_b}{E_{pelat} \times I_p}$$

Dimana :

Ebalok = modulus elastis balok

Epelat = modulus elastis pelat

Ib = Inersia balok

Ip = Inersia pelat

4.2.1 Plat type A

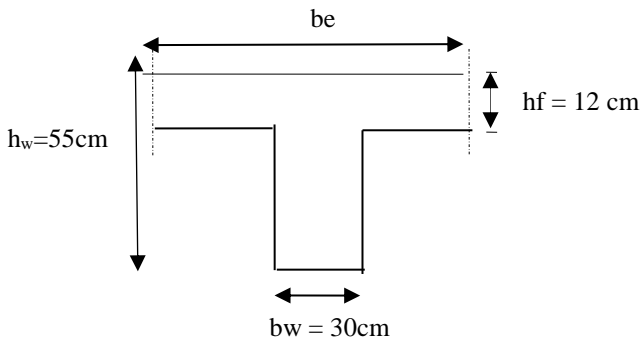
$$Ln = 575 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 535$$

$$Sn = 400 - \left(\frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 370$$

$$\beta = \frac{535}{370} = 1.44 \text{ (plat 2 arah)}$$

$$t = \frac{l}{35} = \frac{370}{35} = 10.5 \approx 12$$

- Balok B1 55/30cm (Lb = 5750)



$$be1 = 1/4 Lb = 143 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 8t = 126 \text{ cm}$$

$$be3 = 1/2 Sb = 287.5 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 130 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.89$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

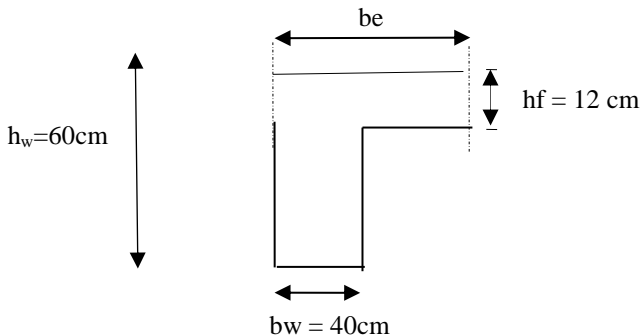
$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 788656 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 53280 \text{ cm}^4$$

Karena Ebalok = Epelat maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{788656}{53280} = 14.82$$

- Balok B3 40/60cm (Lb = 4000)



$$b_{e1} = 1/12 L_b = 33.3 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 6t = 112 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} S_b = 287.5 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 40 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 0.94$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

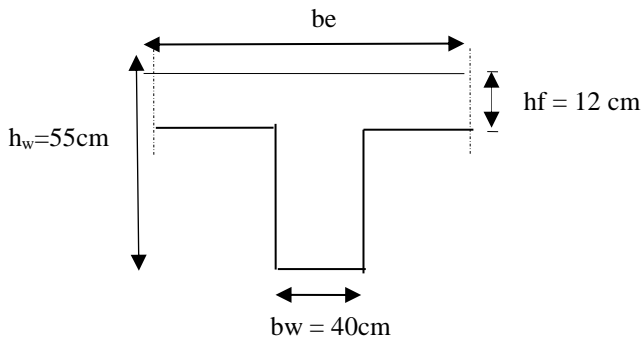
$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 683833 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 77040 \text{ cm}^4$$

Karena $E_{balok} = E_{pelat}$ maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{683833}{77040} = 8.87$$

- Balok B3 40/60cm ($L_b = 4000$)



$$be1 = 1/4 Lb = 100 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 8t = 136 \text{ cm}$$

$$be3 = 1/2 Sb = 287.5 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 100 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

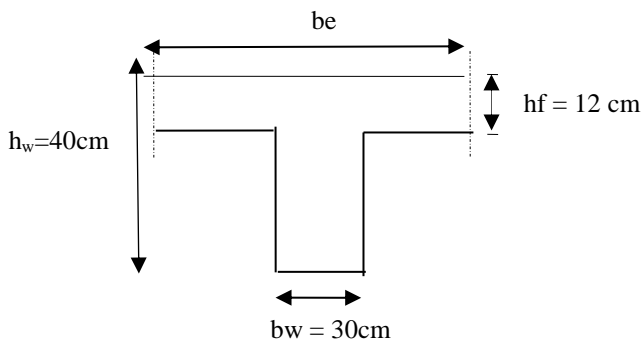
$$k = 1.45$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

$$Ib = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 1047655 \text{ cm}^4$$

$$Ip = b_p \times \frac{t^3}{12} = 77040 \text{ cm}^4$$

- Balok BA1 40/30cm ($Lb = 5750$)



$$be1 = 1/4 Lb = 143 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t = 126 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} S_b = 287.5 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 130 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.82$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 292000 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 53280 \text{ cm}^4$$

Karena $E_{balok} = E_{pelat}$ maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{292000}{53280} = 5.4$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{14.82 + 8.87 + 13.59 + 5.4}{4} = 10.68$$

Karena $\alpha_m = 10.68 > 2$ maka syarat h_{min} plat pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5(3(3)) :

$$h_{min} = \frac{Ln \times \left[0.8 + \frac{f_y}{1500}\right]}{36 + 9\beta} = 10.3 \text{ cm}$$

maka h plat dipakai 12 cm

4.2.2 Pelat type B

Untuk pelat satu arah ketentuan tebal minimum dapat dilihat pada SNI 2847-2013 tabel 9.5(a). untuk pelat satu arah dengan kedua ujung menerus maka didapat tebal minimum:

$$t = \frac{l}{28}$$

Dimana :

L = panjang bentang

Jadi untuk pelat type B dengan panjang bentang 3000 mm didapat tebal minimum :

$$t = \frac{3000}{28} = 107mm$$

Maka h pelat type B diambil 120 mm

4.3 Dimensi Kolom (SNI 03-2847-2013 Pasal 13.7.4)

Preliminary design kolom dilakukan dengan menghitung kebutuhan dimensi kolom terhadap beban aksial yang dipikulnya. Pada gedung ini beban aksial yang bekerja adalah :

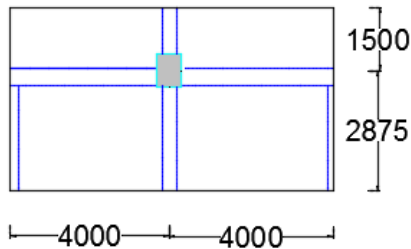
Beban Mati

- Beban lapisan waterproofing : 0.01 kN/m²
(Brosur AQUAPROOF)
- Beban keramik : 0.154 kN/m²
(Brosur keramik ROMAN ukuran 30x30)
- Beban ducting mekanikal : 0.191 kN/m²
(ASCE 2002 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
- Beban system plafond : 0.065 kN/m²

- (Brosur plafond JayaBoard)
- Bata ringan : 0.9 kN/m^2
(Brosur hebel tebal 150mm)
 - Spesi : 0.05 kN/m^2
(Brosur DRYMIX)

Beban Hidup

- Apartemen : 1.92 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)
- Korridor : 4.79 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)
- Atap datar : 0.96 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)



Gambar 4. 3 Sketsa Luas Tributari Kolom

Beban mati dan hidup yang bekerja pada kolom K1

| beban mati atap | | | | | |
|--------------------|--------------|------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| objek | panjang m | lebar m | berat kN/m^3 | tinggi m | beban aksial kN |
| Pelat lantai | 8 | 4.375 | 24 | 0.12 | 100.8 |

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|------|---------|
| Balok Melintang 1 | 2.875 | 0.65 | 24 | 0.35 | 15.6975 |
| Balok memanjang | 8 | 0.7 | 24 | 0.4 | 53.76 |
| Balok Melintang 2 | 1.5 | 0.5 | 24 | 0.35 | 6.3 |
| sistem plafond | 8 | 4.375 | 0.065 | | 2.275 |
| lap. waterproof | 8 | 4.375 | 0.01 | | 0.35 |
| ducting mekanikal | 8 | 4.375 | 0.19 | | 6.65 |
| aspal | 8 | 4.375 | 0.14 | | 4.9 |
| berat sendiri kolom | 0.65 | 0.55 | 24 | 3.4 | 29.172 |
| balok anak | 2.875 | 0.4 | 24 | 0.3 | 8.28 |
| total | | | | | 228.184 |
| = | | | | | 5 |

Tabel 4. 2 Perhitungan Beban Mati Atap

| beban hidup | panjang m | Lebar M | berat kN/m ² | beban aksial kN |
|-------------|--------------|------------|----------------------------|--------------------|
| Atap | 8 | 4.375 | 0.96 | 33.6 |

Tabel 4. 3 Perhitungan Beban hidup Atap

| beban mati lantai | | | | | |
|---------------------|--------------|------------|----------------------------|-------------|-----------------------|
| objek | panjang m | lebar m | berat kN/m ³ | tinggi m | beban aksial kN |
| Pelat lantai | 8 | 4.375 | 24 | 0.12 | 100.8 |
| Balok Melintang | 2.875 | 0.65 | 24 | 0.35 | 15.6975 |
| Balok memanjang | 8 | 0.7 | 24 | 0.4 | 53.76 |
| balok anak | 2.875 | 0.4 | 24 | 0.3 | 8.28 |
| sistem plafond | 8 | 4.375 | 0.065 | | 2.275 |
| keramik | 8 | 4.375 | 0.15 | | 5.25 |
| bata ringan | 15.25 | | 0.9 | 3.4 | 46.665 |
| ducting mekanikal | 8 | 4.375 | 0.19 | | 6.65 |
| berat sendiri kolom | 0.55 | 0.65 | 24 | 3.4 | 29.172 |
| spesi | 8 | 4.375 | 0.05 | | 1.75 |
| partisi | 8 | 2.875 | 0.72 | | 16.56 |
| Balok Melintang 2 | 1.5 | 0.5 | 24 | 0.35 | 6.3 |
| total | | | | | = 293.1595 |

Tabel 4. 4 Perhitungan Beban Mati Lantai

| beban hidup | panjang m | lebar m | berat kN/m ² | beban aksial kN |
|-------------|--------------|------------|----------------------------|-----------------------|
| apartemen | 8 | 2.875 | 1.92 | 44.16 |
| apartemen | 8 | 1.5 | 4.79 | 57.48 |

Tabel 4. 5 Perhitungan Beban hidup Lantai

Reduksi beban hidup lantai menurut SNI(1727-2013 pasal 4.7.2):

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right)$$

Dimana :

- L = beban hidup setelah reduksi
- L_0 = beban hidup sebelum reduksi
- K_{LL} = factor elemen beban hidup = 4
- A_T = Luas tributary = $7.25 \times 8 = 58$

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{4 \times 58}} \right) = 0.55$$

Reduksi beban hidup atap menurut SNI(1727-2013 pasal 4.7.2):

$$L = L_0 R_1 R_2$$

Dimana:

- L = beban hidup setelah reduksi
- L_0 = beban hidup sebelum reduksi
- $R_1 = 0.6$ ($A_T > 55.74 \text{ m}^2$)
- $R_2 = 1$ ($F < 4$)

$$L = L_0 \times 0.55 \times 1 = 0.55 L_0$$

Jadi berat total : $W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

$$= 1,2 (228.18 + 9 \times 293) + 1,6 \\ ((0.6 \times 33.6) + 9(0.55 \times (44.16 + 57.48)))$$

$$= 4277 \text{ kN}$$

$$\text{Mutu beton } f'_c \text{ 40 MPa} = 40 \text{ N/mm}^2 = 40.000 \text{ kN/m}^2$$

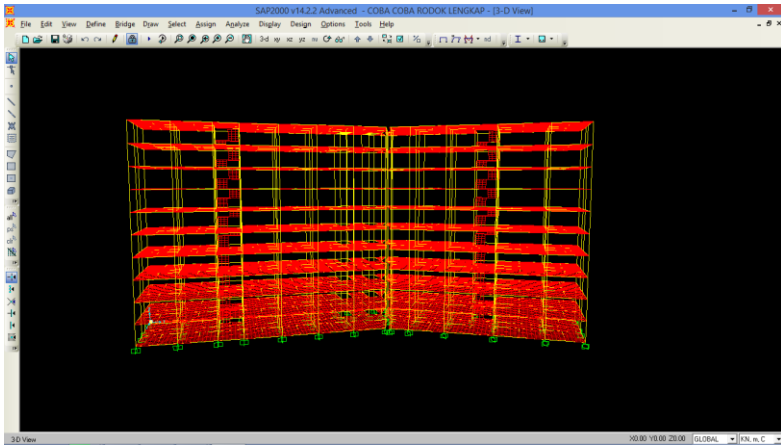
$$\text{Dimensi : } A = \frac{3 \times P}{f'_c} = \frac{3 \times 4109}{40000} = 0.308 \text{ m}^2$$

Maka dipakai dimensi kolom sebesar 55/65 dengan $A = 3575 \text{ mm}^2$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISA STRUKTUR



Gambar 5.1 Permodelan Struktur

5.1 UMUM

Gedung Venetian didesain dengan dilatasi menjadi 2 gedung yaitu gedung A, dan gedung B. Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 03-2847-2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012 yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

5.2 Data-Data Perencanaan

Data-data perancangan Gedung Venetian adalah sebagai berikut:

| | |
|------------------------------|-------------|
| Mutu beton (f_c') | : 40 Mpa |
| Mutu baja tulangan (f_y) | : 390 Mpa |
| Fungsi bangunan | : Apartemen |
| Jumlah tingkat | : 10 lantai |

Tinggi tiap tingkat : 3,4 m
 Tinggi bangunan : + 34 m

5.3 PEMBEBANAN

Sebelum melakukan analisis struktur menggunakan program bantu computer seperti SAP 2000, kita perlu menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur yang ditinjau. Beban-beban ini akan digunakan sebagai input untuk program bantu yang digunakan. Beban-beban yang di input meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban lainnya.

5.3.1 Beban Mati

Beban mati dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu beban sendiri struktur dan beban mati tambahan. Beban sendiri struktur adalah berat elemen-elemen struktur yang sudah dihitung otomatis oleh program bantu sedangkan beban mati tambahan terdiri atas beban merata pada pelat dan beban dinding. Berikut adalah macam-macam beban mati yang bekerja pada struktur ini :

Lantai 1-10:

- Beban lapisan waterproofing : 0.01 kN/m²
(Brosur AQUAPROOF)
- Beban keramik : 0.154 kN/m²
(Brosur keramik ROMAN ukuran 30x30)
- Beban ducting mekanikal : 0.191 kN/m²
(ASCE 2002 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
- Beban system plafond : 0.065 kN/m²
(Brosur plafond JayaBoard)
- Beban Partisi : 0.72 kN/m²
(SNI 1727-2013 pasal 4.3.2)
- Bata ringan : 0.9 kN/m²
(Brosur hebel tebal 150mm)

Lantai atap:

- Beban lapisan waterproofing : 0.01 kN/m²
(Brosur AQUAPROOF)
- Beban ducting mekanikal : 0.191 kN/m²
(ASCE 2002 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
- Beban system plafond : 0.065 kN/m²
(Brosur plafond JayaBoard)
- Beban aspal : 0.14 kN/m²

5.3.2 Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada struktur yang di tinjau seperti berikut:

Beban hidup lantai apartemen : 1.92 kN/m²

(SNI 1727-2013 tabel 4-1)

Beban hidup koridor apartemen : 4.79 kN/m²

(SNI 1727-2013 tabel 4-1)

Beban hidup atap : 0.96 kN/m²

(SNI 1727-2013 tabel 4-1)

Beban Hidup tangga darurat : 4.79 kN/m²

(SNI 1727-2013 tabel 4-1)

5.3.3 Beban Angin (W)

Pada pembebanan angin diambil salah satu contoh kasus dimana angin berhembus ke salah satu sisi gedung. seperti pada gambar berikut :

Pembebanan angin pada gedung menggunakan SNI 1727-2013 pasal 27 bagian 1 dimana langkah-langkah perencanaan disesuaikan berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 27.2-1.

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain berdasarkan tabel berikut.

| Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan | I |
| Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV | II |
| Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia. | III |
| Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan. | IV |
| Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat. | IV |
| Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*. | |
| Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya. | |

*Catatan:

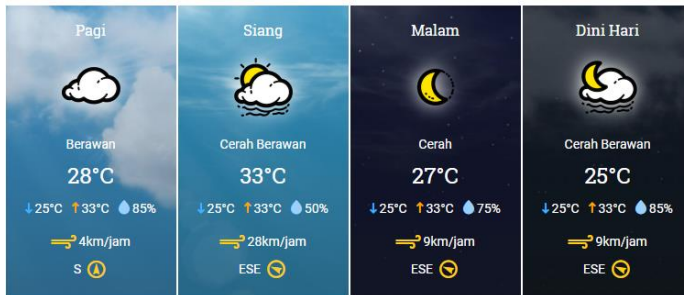
*Jenis bangunan sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726

*Bangunan gedung dan struktur lain yang mengandung racun, zat yang sangat beracun, atau bahan peledak harus memenuhi syarat untuk klasifikasi terhadap Kategori Risiko lebih rendah jika memuaskan pihak yang berwenang dengan suatu penilaian bahaya seperti dijelaskan dalam Pasal 1.5.3 bahwa pelepasan zat sepadan dengan risiko yang terkait dengan Kategori Risiko.

Tabel 5. 1 Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya

Berdasarkan catatan dari tabel tersebut, jenis bangunan dapat disesuaikan dengan tabel 1 SNI 1726-2012 dimana bangunan adalah rumah sakit dan dikategorikan sebagai kategori risiko IV.

2. Menentukan kecepatan angin dasar



Gambar 5. 2 kecepatan angin pada www.bmkg.go.id

Berdasarkan data dari www.bmkg.go.id yang diambil pada tanggal 7 april, kecepatan angin yang terjadi di surabaya adalah 4 km/jam. Namun BMKG pernah melaporkan cuaca yang ekstrim dimana kecepatan angin saat itu mencapai 28 km/jam. Maka untuk perencanaan, digunakan kecepatan angin saat kondisi ekstrim yaitu 28 km/jam.

$$V = 28 \text{ km/jam} = 18.6 \text{ mil/jam} = 7.7 \text{ m/s}$$

3. Menentukan parameter beban angin

a. Faktor arah angin (K_d)

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.6 faktor arah angin ditentukan dari tabel 26.6-1 SNI 1727-2013.

| Tipe Struktur | Faktor Arah Angin K_d^* |
|---|---------------------------|
| Bangunan Gedung | |
| Sistem Penahan Beban Angin Utama | 0,85 |
| Komponen dan Klading Bangunan Gedung | 0,85 |
| Atap Lengkung | 0,85 |
| Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama | |
| Segi empat | 0,90 |
| Segi enam | 0,95 |
| Bundar | 0,95 |
| Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat | 0,85 |
| papan reklame terbuka dan kerangka kisi | 0,85 |
| Rangka batang menara | |
| Segi tiga, segi empat, persegi panjang | 0,85 |
| Penampang lainnya | 0,95 |

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

Tabel 5. 2 Faktor Arah Angin, K_d

Nilai faktor arah angin (K_d) yang diambil adalah 0,85.

b. Katergori Eksposur

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekasaran tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas dibangun. Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.7, gedung direncanakan untuk kategori eksposur B karena berada pada daerah perkotaan.

c. Faktor Topografi (K_{zt})

Faktor Topografi diperlukan untuk memperhitungkan peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memnjang dan tebing yang curang dimana nilai dari faktor topografi :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

Dimana :

K_1 = Faktor untuk memperhitungkan bentuk fitur topografis dan pengaruh peningkatan kecepatan maksimum

K_2 = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan jarak ke sisi angin datang atau ke sisi angin pergi dari puncak

K_3 = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan ketinggian di atas elevasi kawasan setempat

Gedung ini tidak didesain di bukit ataupun ditebingoleh karena itu berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.8.2. Nilai K_{zt} diambil = 1.

d. Faktor Efek Tiupan Angin, (G)

Faktor efek tiupan angin diambil dengan memperhitungkan frekuensi alami dari gedung yang ditinjau untuk mengklasifikasikan apakah gedung tersebut kaku atau fleksibel. Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 Gedung dianggap kaku bila frekuensinya lebih dari 1 Hz. Berdasarkan analisis program bantu SAP2000 didapatkan frekuensi (n_1) dari gedung yang ditinjau adalah 0,745 Hz. Untuk itu perhitungan Faktor Efek Tiupan Angin mengikuti SNI 1727-2013 pasal 26.9.5 dimana nilai G adalah :

$$G = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R}}{1 + 1,7 g_v I_z} \right)$$

Dimana,

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6} = 0,3 \left(\frac{10}{9,14} \right)^{1/6} = 0,3$$

$$\begin{aligned} g_R &= \sqrt{2 \ln(3600 \cdot n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 \cdot n_1)}} \\ &= \sqrt{2 \ln(3600 \cdot 0,745)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 \cdot 0,745)}} \\ &= 4,12 \end{aligned}$$

$$g_Q = g_v = 3,4$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)}$$

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 \cdot N_1)^{5/3}}$$

$$N1 = \frac{n_1 L_z}{V_z}$$

Dimana konstanta eksposur yang diambil berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 26.9-1

| Dalam metrik | | | | | | | | | | |
|--------------|----------|------------|-----------|-----------|----------------|-----------|------|-------------------|-------------|----------------|
| Eksposur | α | Z_0 (ft) | \hat{a} | \hat{b} | $\bar{\alpha}$ | \bar{b} | c | $\bar{\ell}$ (ft) | $\bar{\Xi}$ | Z_{min} (m)* |
| B | 7,0 | 365,76 | 1/7 | 0,84 | 1/4,0 | 0,45 | 0,30 | 97,54 | 1/3,0 | 9,14 |
| C | 9,5 | 274,32 | 1/9,5 | 1,00 | 1/6,5 | 0,65 | 0,20 | 152,4 | 1/5,0 | 4,57 |
| D | 11,5 | 213,36 | 1/11,5 | 1,07 | 1/9,0 | 0,80 | 0,15 | 198,12 | 1/8,0 | 2,13 |

* Z_{min} = tinggi minimum yang dapat menjamin tinggi ekuivalen \bar{Z} yang lebih besar dari 0,6h atau Z_{min} .

Untuk bangunan gedung dengan $h \leq Z_{min}$, \bar{Z} harus diambil sebesar Z_{min} .

Tabel 5. 3 Konstanta Eksposur Daratan

$$L_z = l \left(\frac{\bar{Z}}{10} \right)^{\bar{\Xi}} = 97,54 \left(\frac{9,14}{10} \right)^{1/3} = 94,66 \text{ m}$$

$$V = 70 \text{ km/jam} = 43,496 \text{ mil/jam}$$

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{\bar{Z}}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V = 0,45 \left(\frac{9,14}{10} \right)^{1/4} 43,496$$

$$= 19,14 \text{ mil/jam}$$

$$N1 = \frac{0,745 \cdot 94,66}{43,496} = 1,62 \text{ Hz}$$

$$R_n = \frac{7,47 \cdot 1,62}{(1+10,3 \cdot 1,62)^{5/3}} = 0,1$$

$$R_v = R_h = \text{atur } \eta = 4,6 \cdot n_1 h / \bar{V}_z = 4,6 \cdot 0,745 \cdot 63,8 / 19,14$$

$$= 11,423 > 0 \text{ Maka,}$$

$$R_v = R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{11,423} - \frac{1}{2 \cdot 11,423^2} (1 - e^{-2 \cdot 11,423})$$

$$= 0,084$$

$$R_v = R_B = \text{atur } \eta = 4,6 \cdot n_1 B / \bar{V}_z = 4,6 \cdot 0,745 \cdot 60,2 / 19,14$$

$$= 10,78 > 0 \text{ Maka,}$$

$$R_v = R_B = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{10,78} - \frac{1}{2 \cdot 10,78^2} (1 - e^{-2 \cdot 10,78})$$

$$= 0,0885$$

$$R_v = R_L = \text{atur } \eta = 4,6 \cdot n_1 L / \bar{V}_z = 4,6 \cdot 0,745 \cdot 20,4 / 19,14$$

$$= 3,653 > 0 \text{ Maka,}$$

$$R_v = R_L = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{3,653} - \frac{1}{2 \cdot 3,653^2}(1 - e^{-2 \cdot 3,653})$$

$$= 0,236$$

Maka nilai faktor respons resonan adalah

$$R = \sqrt{\frac{1}{0,02} 0,1 \cdot 0,084 \cdot 0,0885 \cdot (0,53 + 0,47 \cdot 0,236)}$$

$$= 0,154$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0,63}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{60,2 + 63,8}{94,66} \right)^{0,63}}} = 0,76$$

Faktor efek tiupan angin (G) adalah :

$$G = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R}}{1 + 1,7 g_v I_z} \right)$$

$$= 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 \cdot 0,3 \sqrt{3,4^2 0,76^2 + 4,12^2 0,154}}{1 + 1,7 \cdot 3,4 \cdot 0,3} \right)$$

$$= 0,864$$

f. Klasifikasi ketertutupan

Bangunan diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup.

g. Koefisien tekanan internal (GC_{pi})

Koefisien tekanan internal harus ditentukan berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 26.11-1 seperti berikut.

| Klasifikasi Ketertutupan | (GC _{pi}) |
|-----------------------------------|---------------------|
| Bangunan gedung terbuka | 0,00 |
| Bangunan gedung tertutup sebagian | + 0,55 - 0,55 |
| Bangunan gedung tertutup | + 0,18 - 0,18 |

Tabel 5. 4 Koefisien Tekanan Internal

Dari tabel diatas didapatkan untuk bangunan tertutup adalah 0,18 dimana tanda negatif dan positif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.

4. Menentukan Koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 27.3, nilai Koefisien eksposur tekanan velositas adalah :

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$$

Dimana nilai $z_g = 365,76$ m dan $\alpha = 7$ yang diambil berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 26.9-1

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha} = 2,01(63,8/365,76)^{2/7} \\ = 1,22$$

5. Menentukan Tekanan Velositas (q atau q_h)

Nilai tekanan velositas berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 27.3.2 adalah :

$$q_h = q_z = 0,613.K_z.K_{zt}.K_d.V \\ = 0,613.1,22 \cdot 1. 0,85.19,44 \\ = 12,36 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 27.1.5, beban angin pada dinding tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 0,77 KN/m² dikalikan luas dinding bangunan gedung dan 0,38

KN/m² dikalikan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan.

$$q = 12,36 \text{ N/mm}^2 = 0,01236 \text{ KN/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Pada Dinding : } q &> 0,77 \text{ kN/mm}^2 \\ 0,01236 \text{ KN/mm}^2 &< 0,77 \text{ kN/mm}^2 \end{aligned}$$

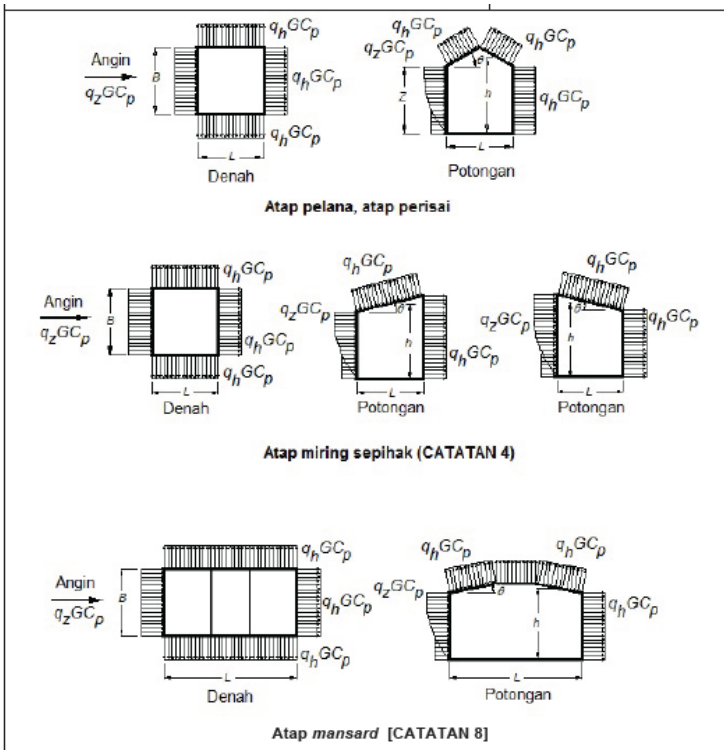
Pada dinding digunakan beban 0,77 kN/mm²

$$\begin{aligned} \text{Pada Atap : } q &> 0,38 \text{ kN/mm}^2 \\ 0,01236 \text{ KN/mm}^2 &< 0,38 \text{ kN/mm}^2 \end{aligned}$$

Pada atap digunakan beban 0,38 kN/mm²

6. Menentukan Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

karena gedung diklasifikasikan sebagai gedung tertutup dan atap berbentuk perisai. Maka nilai koefisien tekanan eksternal diambil berdasarkan SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1 dan tabel berikut :



Gambar 5. 3 koefisien tekanan dinding

| Permukaan | Koefisien tekanan dinding, C_p | | |
|------------------------------|----------------------------------|-------|------------------|
| | L/B | C_p | Digunakan dengan |
| Dinding di sisi angin datang | Seluruh nilai | 0,8 | q_z |
| Dinding di sisi angin pergi | 0 – 1 | - 0,5 | q_h |
| | 2 | - 0,3 | |
| | ≥ 4 | - 0,2 | |
| Dinding tepi | Seluruh nilai | - 0,7 | q_h |

Tabel 5. 5 Koefisien tekanan dinding

$B = 60,2 \text{ m}$

$L = 20,4 \text{ m}$

Nilai $L/B = 0,34$ (kategori 0-1)

Maka untuk dinding sisi angin datang, nilai C_p diambil 0,8

Dinding sisi angin pergi , $C_p = -0,5$

Dinding Tepi $C_p = -0,7$

| Koefisien tekanan atap, C_p , untuk digunakan dengan q_h | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--|--|----------------|------|-----------|
| Arah angin | Di sisi angin datang Sudut, θ (derajat) | | | | | | | | Di sisi angin pergi Sudut, θ (derajat) | | | |
| | h/L | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 45 | $\geq 60^\circ$ | 10 | 15 | ≥ 20 |
| Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$ | $\leq 0,25$ | -0,7 -0,18 | -0,5 0,0* | -0,3 0,2 | -0,2 0,3 | -0,2 0,3 | 0,0* 0,4 | 0,4 | 0,01 θ | -0,3 | -0,5 | -0,6 |
| | 0,5 | -0,9 -0,18 | -0,7 -0,18 | -0,4 0,0* | -0,3 0,2 | -0,2 0,2 | 0,0 0,3 | 0,4 | 0,01 θ | -0,5 | -0,5 | -0,6 |
| | $\geq 1,0$ | -1,3** -0,18 | -1,0 -0,18 | -0,7 -0,18 | -0,5 0,0* | -0,3 0,2 | 0,0 0,2 | 0,4 | 0,01 θ | -0,7 | -0,6 | -0,6 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^\circ$ sejajar bubungan untuk semua θ | $\leq 0,5$ | Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang | | | | C_p | | * Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi. ** Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini: | | | | |
| | | 0 sampai dengan $h/2$ | | | | -0,9, -0,18 | | | | | | |
| | | $h/2$ sampai dengan h | | | | -0,9, -0,18 | | | | | | |
| | | h sampai dengan $2h$ | | | | -0,5, -0,18 | | | | | | |
| | | $> 2h$ | | | | -0,3, -0,18 | | | | | | |
| | $\geq 1,0$ | 0 sampai dengan $h/2$ | | | | -1,3**, -0,18 | | Luas (ft^2) | | Faktor reduksi | | |
| | | | | | | | | $\leq 100 (9,3 m^2)$ | | 1,0 | | |
| | | $> h/2$ | | | | -0,7, -0,18 | | 250 (23,2 m^2) | | 0,9 | | |
| | | | | | | | | $\geq 1000 (92,9 m^2)$ | | 0,8 | | |

Tabel 5. 6 Koefisien tekanan atap

$h = 5,7 \text{ m}$

$L = 20,4 \text{ m}$

Nilai $h/L = 0,26 < 1$, sudut kemiringan atap = $30^\circ > 10^\circ$

Maka untuk atap sisi angin datang, nilai C_p diambil 0,2 dan -0,3

Atap sisi angin pergi, $C_p = -0,6$

7. Tekanan angin (p) pada permukaan gedung

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 Gedung dianggap kaku bila frekuensinya lebih dari 1 Hz. Berdasarkan analisis program bantu SAP2000 didapatkan frekuensi (n_1) dari gedung yang ditinjau adalah $0,745 \text{ Hz} < 1 \text{ Hz}$. Untuk itu tekanan angin dihitung berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 27.4.2 yaitu :

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

Pada dinding, diambil satu kasus dimana angin mendekati dinding (sisi angin datang) dengan nilai $C_p = 0,8$ dan nilai $GC_{pi} = -0,18$

$$\begin{aligned} p_{\text{dinding}} &= 0,77 \times 0,8 \times 0,864 - 0,01236 \times (0,18) \\ &= 0,53 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Pada atap, saat angin mendekati atap (angin tekan) $C_p = 0,3$ dan nilai $GC_{pi} = 0,18$

$$\begin{aligned} p_{\text{atap}} &= 0,38 \times (0,3) \times 0,864 - 0,01236 \times (0,18) \\ &= 0,0963 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Pada atap, saat angin menjauhi atap (angin hisap) $C_p = -0,2$ dan nilai $GC_{pi} = -0,18$

$$p_{\text{atap}} = 0,38 \times (-0,2) \times 0,864 - 0,01236 \times (-0,18) \\ = 0,063 \text{ KN/m}^2$$

5.3.4 Beban Gempa

Beban gempa harus merujuk pada SNI 1726-2012. Pada perhitungan kali ini beban gempa yang di input pada program bantu Sap 2000 adalah beban gempa berupa respon spektrum, untuk menentukan respon spektrum gempa ada beberapa hal yang perlu ditentukan.

5.3.4.1 Kategori Resiko Bangunan

Menurut tabel 1 SNI 1726-2012 kategori resiko bangunan apartemen/rumah susun termasuk pada **kategori resiko II**.

| Jenis pemanfaatan | Kategori resiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I |
| Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |

Tabel 5. 7 Kategori Resiko Bangunan

5.3.4.2 Faktor Keutamaan Gempa

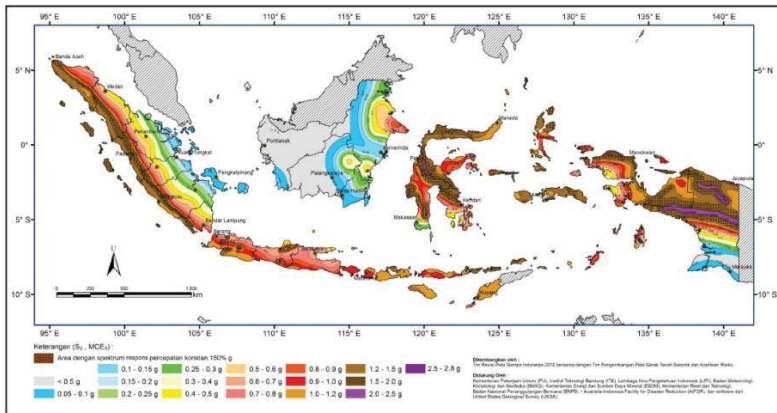
Setelah kategori resiko bangunan didapat kita bisa menentukan faktor keutamaan gempa $I_e = 1$.

| Kategori risiko | Faktor keutamaan gempa, I_e |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

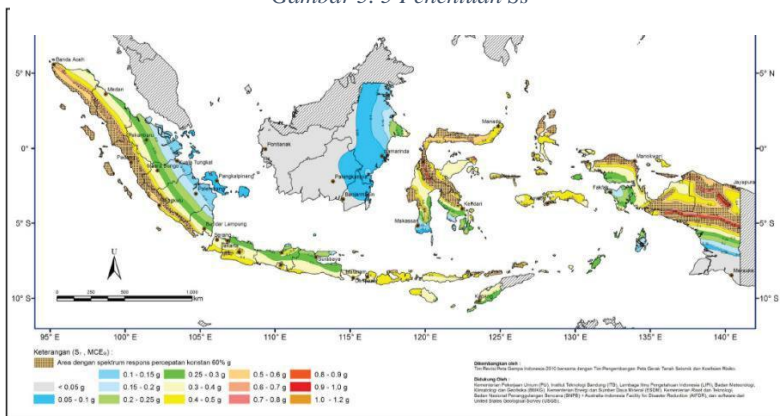
Tabel 5. 8 Faktor Keutamaan Gempa

5.3.4.3 Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Nilai percepatan gempa bergantung kepada daerah dimana bangunan tersebut didirikan. Pada SNI 1726-2012 besar percepatan gempa ditentukan dengan Peta zonasi gempa pada gambar 3.2 dan gambar 3.3. untuk kota Surabaya didapat nilai $S_s = 0.7$ dan $S_1 = 0.25$.



Gambar 5. 5 Penentuan Ss



Gambar 5. 4 Penentuan S1

5.3.4.4 Menentukan Klasifikasi Situs

Salah satu cara untuk menentukan klasifikasi situs yaitu menggunakan nilai N SPT kedalaman 50m dimana:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}} = \frac{50}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}}$$

Keterangan:

di = tebal lapisan dari kedalaman 0 sampai 50 meter

Ni = tahanan penetrasi standart yang terukur langsung dilapangan

Berdasarkan rumaus diatas maka N dapat dihitung sebagai berikut

| lapis | NSPT | kedalaman | Tebal (di) | tebal/NSPT (di/N) |
|-------|------|-----------|---------------|----------------------|
| 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2 | 5 | 3 | 2 | 0.4 |
| 3 | 7 | 5 | 2 | 0.285714286 |
| 4 | 8 | 7 | 2 | 0.25 |
| 5 | 10 | 9 | 2 | 0.2 |
| 6 | 12 | 11 | 2 | 0.166666667 |
| 7 | 8 | 13 | 2 | 0.25 |
| 8 | 9 | 15 | 2 | 0.222222222 |
| 9 | 16 | 17 | 2 | 0.125 |
| 10 | 17 | 19 | 2 | 0.117647059 |
| 11 | 18 | 21 | 2 | 0.111111111 |
| 12 | 17 | 23 | 2 | 0.117647059 |
| 13 | 19 | 25 | 2 | 0.105263158 |
| 14 | 20 | 27 | 2 | 0.1 |
| 15 | 21 | 29 | 2 | 0.095238095 |
| 16 | 18 | 31 | 2 | 0.111111111 |
| 17 | 17 | 33 | 2 | 0.117647059 |
| 18 | 22 | 35 | 2 | 0.090909091 |

| | | | | |
|-------|----|----|----|-------------|
| 19 | 23 | 37 | 2 | 0.086956522 |
| 20 | 23 | 39 | 2 | 0.086956522 |
| 21 | 25 | 41 | 2 | 0.08 |
| 22 | 26 | 43 | 2 | 0.076923077 |
| 23 | 24 | 45 | 2 | 0.083333333 |
| 24 | 25 | 47 | 2 | 0.08 |
| 25 | 26 | 49 | 2 | 0.076923077 |
| TOTAL | | | 50 | 4.437269448 |

Tabel 5. 9 N -SPT

$$N = \frac{50}{4.43} = 11.28$$

Dengan nilai N di atas kita dapat menentukan kelas situs tanah dengan tabel 3 SNI 1726-2012. $N < 15$ maka didapat kelas situs **SE**.

| Kelas Situs | \bar{v}_s | \bar{N} or \bar{N}_{ch} | \bar{s}_u |
|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| SA (batuan keras) | >1500 m/s | N/A | N/A |
| SB (batuan) | 750 sampai 1500 m/s | N/A | N/A |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) | 350 sampai 750 m/s | >50 | ≥ 100 kN/m ² |
| SD (tanah sedang) | 175 sampai 350 m/s | 15-50 | 50 sampai 100 kN/m ² |
| SE (tanah lunak) | < 175 m/s | < 15 | <50 kN/m ² |

| | |
|---|--|
| | <p>Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:</p> <p>Indeks plastisitas, $PI > 20$</p> <p>Kadar air, $w \geq 40\%$</p> <p>Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa</p> |
| SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1) | <p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <p>Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnah tersementasi lemah</p> <p>Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)</p> |
| | <p>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$</p> <p>Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m</p> <p>dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa</p> |

Tabel 5. 10 Penentuan Kelas Situs

dan berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 didapat nila $F_a = 1.3$ dan $F_v = 3$

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s | | | | |
|-------------|--|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 |
| SD | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 |
| SE | 2,5 | 1,7 | 1,2 | 0,9 | 0,9 |
| SF | SS ^b | | | | |

Tabel 5. 11 Penentuan F_a

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1 | | | | |
|----------------|---|-------------|-----------------|-------------|----------------|
| | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 \geq 0,5$ |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| SC | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |
| SD | 2,4 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| SE | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 2,4 | 2,4 |
| SF | | | SS ^a | | |

Tabel 5. 12 Penentuan F_v

Sedangkan untuk nilai S_{DS} dan S_{D1} didapat dari perhitungan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1.3 \times 0.7 = 0.91$$

$$S_{M1} = F_v \times S1 = 3 \times 0.25 = 0.75$$

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 0.91 = 0.61$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0.75 = 0.5$$

5.3.4.5 Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,5}{0,61} = 0,16 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,61} = 0,82 \text{ detik}$$

Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T < T_0$

$$S_a = 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$\text{Asumsi, } T = 0, S_a = 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,16} \right) = 0,4 \text{ g}$$

Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0.61 \text{ g}$$

Respon Spektrum Saat Desain saat $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Karena $T_s = 0,82 \text{ detik}$, misalnya T yang diambil $0,82 \text{ detik}$. Maka :

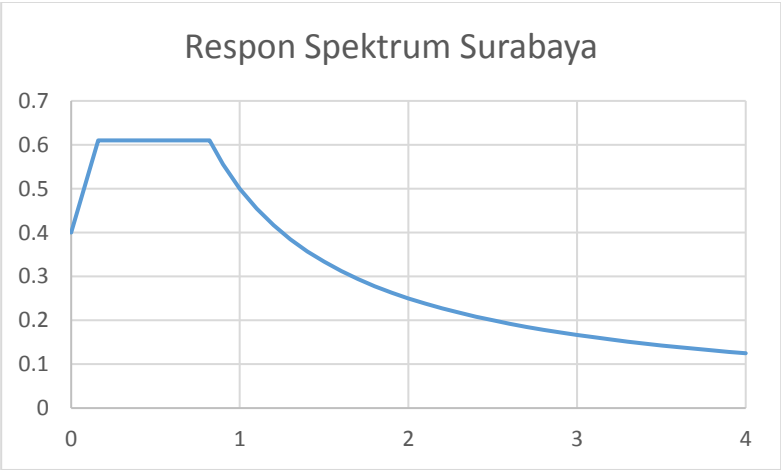
$$S_a = \frac{0.5}{0,82} = 0.61 \text{ g}$$

Hasil dari perhitungan respon spektrum disajikan pada tabel dibawah ini:

| T | Sa |
|------|-------------|
| 0 | 0.4 |
| 0.16 | 0.61 |
| 0.82 | 0.61 |
| 0.9 | 0.555555556 |
| 1 | 0.5 |
| 1.1 | 0.454545455 |
| 1.2 | 0.416666667 |
| 1.3 | 0.384615385 |
| 1.4 | 0.357142857 |
| 1.5 | 0.333333333 |
| 1.6 | 0.3125 |
| 1.7 | 0.294117647 |
| 1.8 | 0.277777778 |
| 1.9 | 0.263157895 |
| 2 | 0.25 |
| 2.1 | 0.238095238 |
| 2.2 | 0.227272727 |
| 2.3 | 0.217391304 |
| 2.4 | 0.208333333 |
| 2.5 | 0.2 |
| 2.6 | 0.192307692 |
| 2.7 | 0.185185185 |
| 2.8 | 0.178571429 |
| 2.9 | 0.172413793 |

| | |
|-----|-------------|
| 3 | 0.166666667 |
| 3.1 | 0.161290323 |
| 3.2 | 0.15625 |
| 3.3 | 0.151515152 |
| 3.4 | 0.147058824 |
| 3.5 | 0.142857143 |
| 3.6 | 0.138888889 |
| 3.7 | 0.135135135 |
| 3.8 | 0.131578947 |
| 3.9 | 0.128205128 |
| 4 | 0.125 |

Tabel 5. 13 T terhadap Sa pada Respon Spektrum



Gambar 5. 6 Respon Spektrum Surabaya

5.3.4.6 Menentukan Kategori Desain Seismik

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di daerah kota Surabaya yang mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada perioda 0.61 detik, redaman 5 persen sebesar $S_{DS} = 0.61$ dan parameter percepatan respon spektral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh situs $S_{D1} = 0,5$.

| Nilai S_{DS} | Kategori risiko | |
|----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$ | A | A |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B | C |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$ | C | D |
| $0,50 \leq S_{DS}$ | D | D |

Tabel 5. 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

| Nilai S_{D1} | Kategori risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$ | A | A |
| $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{D1}$ | D | D |

Tabel 5. 15 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Berdasarkan tabel 5.14 dan tabel 5.15 maka didapat kategori kota Surabaya mempunyai kategori resiko D. Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726 2012 didapatkan bahwa SRPMB dan SRPMM tidak boleh digunakan maka asumsi awal untuk menggunakan SRPMK sudah benar.

| | R'' | Ω_o^g | C_d^b | B | C | D^d | E^d | F^e |
|--|-------|--------------|---------|----|----|------------------|-----------------|-----------------|
| 24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya | 2½ | 2½ | 2½ | TB | TB | 10 | TB | TB |
| 25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 8 | 2½ | 5 | TB | TB | 48 | 48 | 30 |
| 26. Dinding geser pelat baja khusus | 7 | 2 | 6 | TB | TB | 48 | 48 | 30 |
| C. Sistem rangka pemikul momen | | | | | | | | |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus | 7 | 3 | 5½ | TB | TB | 48 | 30 | TI |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah | 4½ | 3 | 4 | TB | TB | 10 ^{bu} | TI ^b | TI ^f |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa | 3½ | 3 | 3 | TB | TB | TI ^b | TI ^b | TI ^f |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus | 8 | 3 | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah | 5 | 3 | 4½ | TB | TB | TI | TI | TI |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa | 3 | 3 | 2½ | TB | TI | TI | TI | TI |

Tabel 5. 16 Sistem Struktur yang diijinkan

5.4 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 4.2.2 :

1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr atau R)
3. 1.2D + 1.6(Lr atau R) + 0.5 (L atau 0.5W)
4. 1.2D + 1W + 1L + 0.5 (Lr atau R)
5. 1.2D + 1E + 1L
6. 0.9D + 1W
7. 0.9D + 1E

Keterangan:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 Lr atau R = beban hujan
 W = beban angin
 E = beban gempa

Berdasarkan SNI 1726 pasal 7.4.2 pengaruh beban gempa (E) harus ditentukan sesuai dengan berikut:

- Kombinasi 5

$$E = E_h + E_v$$

Keterangan :

$$E_h = \rho Q_E \text{ dan } E_v = 0.25 S_{DS} D$$

$$\text{Sehingga: } E = \rho Q_E + 0.25 S_{DS} D$$

- Kombinasi 7

$$E = E_h - E_v$$

$$\text{Sehingga: } E = \rho Q_E - 0.25 S_{DS} D$$

Keterangan :

E_h = Pengaruh beban gempa horizontal

E_v = Pengaruh beban gempa vertical

ρ = factor redudansi

Q_E = Pengaruh gaya gempa

D = pengaruh beban mati

Berdasarkan pasal 7.3.4.2 pada perhitungan perhitungan pengaruh beban gempa horizontal digunakan factor redudansi $\rho = 1.3$ (Kategori Desain Seismik D), dan S_{DS} sebesar 0.61 sehingga didapat.

- Kombinasi 5

$$E = 1.3E + 0.122D$$

- Kombinasi 7

$$E = 1.3E - 0.122D$$

Berdasarkan ketentuan ini kombinasi pembebanan yang digunakan:

- Kombinasi 5

$$1.2D + 1.3E + 0.122D + 1L = 1.322D + 1.3E + 1L$$

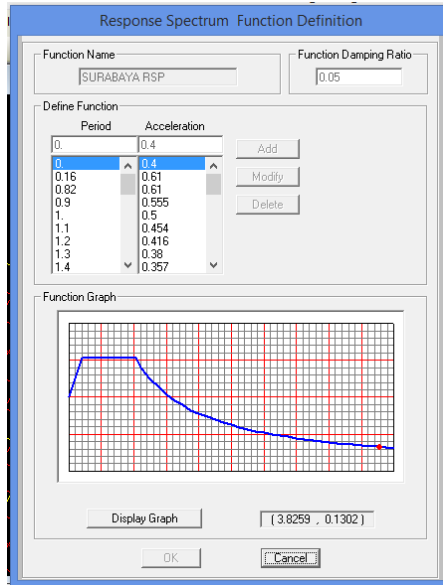
- Kombinasi 7

$$0.9D + 1.3E - 0.122D = 0.778D + 1.3E$$

5.5 Input Respon Spektrum Pada Program Sap 2000

Setelah menentukan semua parameter diatas kita bisa membuat respon spektrum secara manual atau dengan bantuan program bantu. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan program bantu SAP 2000 untuk membantu menghitung respon spektrum.

Berikut adalah parameter yang sudah dicari dari perhitungan sebelumnya.



Gambar 5. 7 Input Respon Spektrum Pada SAP 2000

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, program SAP 2000 secara otomatis menghitung respon spektrum dan menggambarkan grafik respon spektrum tersebut. Tetapi hasil respon spektrum diatas masih harus di kalikan skala (scale factor) pada load case yang nilainya

$$g \times I_e / R = 1.226$$

Dimana

- g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- I_e = Faktor Keutamaan Gempa (1)
- R = Koefisien Modifikasi Respons (8)

5.6 Kontrol Analisa Struktur

5.6.1 Kontrol Periode Struktur

Periode getar struktur (*fundamental period*), biasa disimbolkan dengan T atau T_a merupakan properti yang sangat penting untuk diketahui dalam proses perancangan struktur, khususnya dalam struktur bangunan tahan gempa.

Periode getar T adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung T suatu struktur:

$$T = C_t h n^x$$

Dimana :

T = periode getar struktur

C_t = koefisien jenis struktur (SRPM beton = 0.0466)

h = tinggi bangunan

x = koefisien jenis struktur (SRPM beton = 0.9)

| Tipe struktur | C_i | x |
|---|---------------------|------|
| Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa: | | |
| Rangka baja pemikul momen | 0,0724 ^a | 0,8 |
| Rangka beton pemikul momen | 0,0466 ^a | 0,9 |
| Rangka baja dengan bresing eksentris | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk | 0,0731 ^a | 0,75 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 ^a | 0,75 |

Tabel 5. 17 Koefisien C_t dan x

nilai T di atas adalah batas bawah dari suatu struktur sehingga nilai dari batas bawah T struktur adalah :

$$T = 0.0466 \cdot 34^{0.9} = 1.113$$

Sedangkan untuk batas atas T struktur didapat dengan mengalikan T batas bawah dengan koefesie C_u .

$$T_a = T C_u$$

Dimana :

| Koefisien Batas Atas Untuk Periode Getar | |
|---|-----------------|
| Spektral Akselerasi Desain Periode 1 detik (S_{D1}) dalam g | Koefisien C_u |
| ≥ 0.4 | 1.4 |
| 0.3 | 1.4 |
| 0.2 | 1.5 |
| 0.15 | 1.6 |
| ≤ 0.1 | 1.7 |

Tabel 5. 18 Koefisien C_u untuk Penentuan batas atas Periode

$$T_{atas} = 1.113 \cdot 1.4 = 1.55$$

Sehingga didapat T batas bawah = 1.113 dan T batas atas = 1.55, kedua nilai di atas akan dibandingkan dengan nilai periode yang dihasilkan oleh Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000. Apabila nilai T yang dihasilkan oleh program bantu SAP 2000 berada diantara kedua batas diatas maka bisa dikatakan struktur tersebut telah mencapai nilai T yang ideal.

Nilai T_c yang dihasilkan pada program bantu SAP 2000 sebesar 1.23 detik seperti yang ditampilkan pada gambar dibawah

| OutputCase Text | StepType Text | StepNum Unitless | Period Sec | Frequency Cyc/sec | CircFreq rad/sec | Eigenvalue rad ² /sec ² |
|-----------------|---------------|------------------|------------|-------------------|------------------|---|
| MODAL | Mode | 1 | 1.232019 | 0.81168 | 5.0999 | 26.009 |
| MODAL | Mode | 2 | 1.212108 | 0.82501 | 5.1837 | 26.871 |
| MODAL | Mode | 3 | 1.198028 | 0.83471 | 5.2446 | 27.506 |
| MODAL | Mode | 4 | 1.191836 | 0.83904 | 5.2719 | 27.792 |
| MODAL | Mode | 5 | 1.117032 | 0.89523 | 5.6249 | 31.639 |
| MODAL | Mode | 6 | 1.116256 | 0.89585 | 5.6288 | 31.683 |
| MODAL | Mode | 7 | 0.399319 | 2.5043 | 15.735 | 247.58 |
| MODAL | Mode | 8 | 0.395265 | 2.5299 | 15.896 | 252.69 |

Tabel 5. 19 Periode Struktur berdasarkan SAP 2000

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 periode fundamental struktur yang digunakan :

- Jika $T_c > T_a$ maka digunakan T_a
- Jika $T < T_c < T_a$ maka digunakan T_c
- Jika $T_c < T$ maka digunakan T

Karena $T < T_c < T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah $T = 1.23$

5.6.2 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk memastikan bahwa Analisa struktur sudah baik, maka kita harus memastikan bahwa jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual (SNI 03-1726-2013 pasal 7.9.1). dari hasil analisis struktur diketahui bahwa partisipasi massa telah tercapai 99% dalam 50 mode

| StepNum | Period | SumUX | SumUY |
|----------|----------|----------|----------|
| Unitless | Sec | Unitless | Unitless |
| 1 | 1.232019 | 0.10972 | 0.21922 |
| 2 | 1.212108 | 0.25696 | 0.48585 |
| 3 | 1.198028 | 0.48015 | 0.62274 |
| 4 | 1.191836 | 0.69645 | 0.72285 |
| 5 | 1.117032 | 0.70274 | 0.73821 |
| 6 | 1.116256 | 0.74315 | 0.75225 |
| 7 | 0.399319 | 0.75067 | 0.78791 |

| | | | |
|----|----------|---------|---------|
| 8 | 0.395265 | 0.75388 | 0.83563 |
| 9 | 0.388438 | 0.78968 | 0.84153 |
| 10 | 0.38809 | 0.83711 | 0.84343 |
| 11 | 0.36292 | 0.83731 | 0.84463 |
| 12 | 0.362387 | 0.84149 | 0.84614 |
| 13 | 0.228621 | 0.84164 | 0.8643 |
| 14 | 0.228171 | 0.84171 | 0.87922 |
| 15 | 0.22039 | 0.85731 | 0.87933 |
| 16 | 0.218162 | 0.8759 | 0.87938 |
| 17 | 0.207047 | 0.87592 | 0.87964 |
| 18 | 0.205616 | 0.87682 | 0.88004 |
| 19 | 0.158453 | 0.87688 | 0.8898 |
| 20 | 0.157756 | 0.87742 | 0.8973 |
| 21 | 0.150634 | 0.88533 | 0.89791 |
| 22 | 0.148046 | 0.89599 | 0.89795 |
| 23 | 0.14097 | 0.89608 | 0.89803 |

| | | | |
|----|----------|---------|---------|
| 24 | 0.140268 | 0.89616 | 0.89815 |
| 25 | 0.136112 | 0.89619 | 0.89815 |
| 26 | 0.123153 | 0.89619 | 0.90211 |
| 27 | 0.120166 | 0.89662 | 0.90717 |
| 28 | 0.119311 | 0.89688 | 0.90841 |
| 29 | 0.118395 | 0.8972 | 0.90842 |
| 30 | 0.111036 | 0.89987 | 0.90913 |
| 31 | 0.110285 | 0.90624 | 0.90923 |
| 32 | 0.107303 | 0.90826 | 0.90923 |
| 33 | 0.098398 | 0.90837 | 0.90935 |
| 34 | 0.097656 | 0.90869 | 0.9159 |
| 35 | 0.094543 | 0.90955 | 0.91597 |
| 36 | 0.08648 | 0.90955 | 0.91636 |
| 37 | 0.081502 | 0.91631 | 0.91671 |
| 38 | 0.079058 | 0.91672 | 0.92082 |
| 39 | 0.06997 | 0.92019 | 0.92173 |

| | | | |
|----|----------|---------|---------|
| 40 | 0.069174 | 0.92181 | 0.92327 |
| 41 | 0.061022 | 0.92268 | 0.9252 |
| 42 | 0.058839 | 0.92509 | 0.92564 |
| 43 | 0.04998 | 0.92614 | 0.92645 |
| 44 | 0.049682 | 0.92739 | 0.92649 |
| 45 | 0.029678 | 0.92881 | 0.93458 |
| 46 | 0.028203 | 0.94172 | 0.94434 |
| 47 | 0.02663 | 0.94581 | 0.99504 |
| 48 | 0.024553 | 0.99461 | 0.99623 |
| 49 | 0.014235 | 0.99696 | 0.99833 |
| 50 | 0.01384 | 0.99939 | 0.99953 |

Tabel 5. 20 Partisipasi Massa

5.6.3 Kontrol base shear

Nilai V_{dinamik} (V_t) dan V_{statik} (V) didapatkan dari base reaction dari hasil analisis struktur. SNI 03-1726-2012 pasal 7.9 mensyaratkan nilai akhir V_{dinamik} minimal 85% dari V_{statik} . Bila syarat tersebut tidak termenuhi maka gaya sebesar $0.85V/V_t$ (SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1)

Perhitungan C_s (SNI 1726-2012 pasal 7.8.1)

$$C_{sperlu} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_E}\right)} = \frac{0.61}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.07$$

$$C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_E}\right)} = \frac{0.5}{1.54 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0.04$$

$$C_{s2} = 0.044 S_{DS} I_e > 0.01$$

$$C_{s2} = 0.044 \cdot 0.61 \cdot 1 = 0.026 \text{ (OK)}$$

Kontrol :

1. $C_{sperlu} > C_{S1} = 0.07 > 0.04$ maka digunakan $C_s = 0.04$
2. $C_s > C_{S2} = 0.04 > 0.026$ maka digunakan $C_s = 0.04$

Dari Perhitungan diatas maka didapat nilai C_s sebesar **$C_s = 0.04$**

Menghitung nilai V_{statik} (V)

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1 nilai V_{statik} didapat dengan cara mengalikan berat bangunan dengan koefisien respon seismic.

$$V = C_s \times W$$

Dimana :

C_s = koefisien respon seismic

W = berat struktur bangunan

$$V = C_s \times W$$

$$= 0.04 \times 147389$$

$$= 5895 \text{ KN}$$

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
|------------|-------------|----------|------------|------------|------------|
| Text | Text | Text | KN | KN | KN |
| 1D+1L | Combination | | -5.406E-10 | -9.575E-10 | 147389.301 |

Tabel 5. 21 Berat Struktur dari program SAP 2000

Setelah nilai V diketahui maka kita bisa membandingkan nilai $0.85V$ dan V_t . Sedangkan untuk nilai V_t sendiri bisa diambil dari program bantu Analisa struktur.

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY |
|------------|-------------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Text | KN | KN |
| RS X | LinRespSpec | Max | 4811.871 | 1473.931 |
| RS Y | LinRespSpec | Max | 1459.41 | 4860.667 |

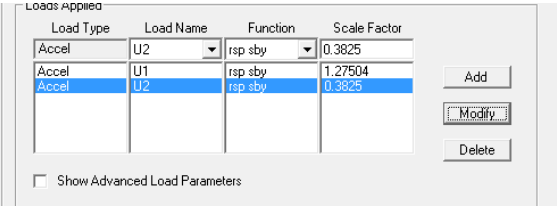
Tabel 5. 22 Base shear sebelum pembesaran

$$\frac{V_x}{0.85 V} = \frac{4811}{0.85 \cdot 5895} = 0.96$$

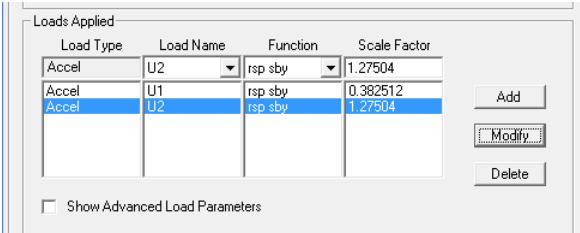
Karena nilai $V_x/0.85V < 1$ maka scale factor untuk respon struktur arah x perlu diperbesar sebesar $0.85V/V_x = 1.04$

$$\frac{V_y}{0.85 V} = \frac{4860}{0.85 \cdot 5895} = 0.96$$

Karena nilai $V_y/0.85V < 1$ maka scale factor untuk respon struktur arah y perlu diperbesar sebesar $0.85V/V_x = 1.04$



Gambar 5. 8 Scale Factor Gempa arah X



Gambar 5. 9 Scale Factor Gempa arah Y

Setelah dilakukan pembesaran scale factor pada gempa arah X dan arah Y didapatkan:

| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY |
|------------|-------------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Text | KN | KN |
| RS X | LinRespSpec | Max | 5004.345 | 1532.84 |
| RS Y | LinRespSpec | Max | 1517.78 | 5055.093 |

Tabel 5. 23 Base shear setelah pembesaran scale factor

$$\frac{V_x}{0.85 V} = \frac{5004}{0.85 \cdot 5895} = 1 \dots (OK)$$

$$\frac{V_y}{0.85 V} = \frac{5055}{0.85 \cdot 5895} = 1.01 \dots (OK)$$

5.6.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar tingkat perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis (δ_{xe}) dari program analisis struktur SAP 2000. Setelah nilai tersebut didapat masih perlu dikalikan dengan factor pembesar sebesar C_d/I_e , hasil dari pembesaran ini dilambangkan δ_x , setelah itu kita harus mencari selisih nilai perpindahan elastis suatu tingkat dengan tingkat dibawahnya (Δ).dimana nilai Δ tersebut akan dibandingkan dengan syarat defleksi yang disarankan oleh SNI 1726-2012 sebesar $\Delta a/p$.dimana nilai Δa dapat dilihat pada SNI 1726-2012 Tabel 1

| Struktur | Kategori risiko | | |
|--|-----------------------------|----------------|----------------|
| | I atau II | III | IV |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. | $0,025 h_{xx}$ ^c | $0,020 h_{xx}$ | $0,015 h_{xx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d | $0,010 h_{xx}$ | $0,010 h_{xx}$ | $0,010 h_{xx}$ |
| Struktur dinding geser batu bata lainnya | $0,007 h_{xx}$ | $0,007 h_{xx}$ | $0,007 h_{xx}$ |
| Semua struktur lainnya | $0,020 h_{xx}$ | $0,015 h_{xx}$ | $0,010 h_{xx}$ |

Tabel 5. 24 Faktor Pembesaran Defleksi

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

(SNI 1726-2012 Persamaan 7.8-14)

- C_d = Faktor permbesaran defleksi = 5.5 (SNI tabel 9)
- δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan bantuan program sap 2000
- I_e = faktor keutamaan = 1
- p = Faktor redudansi = 1.3 (SNI 1726-2012 pasal 7.4.3.2)
- Δ = Simpangan antar lantai
- Δa = Batas simpangan antar lantai

Gedung A

Analisa simpangan antar lantai arah x

| Lantai | hi (mm) | δ_{xe} (mm) | δ_x (mm) | Δ (mm) | Δa (mm) | $\Delta a / \rho(\text{mm})$ | Kondisi |
|--------|------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|---------|
| 10 | 3400 | 42.1 | 231.550 | 11.550 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 9 | 3400 | 40 | 220.000 | 14.850 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 8 | 3400 | 37.3 | 205.150 | 18.150 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 7 | 3400 | 34 | 187.000 | 21.450 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 6 | 3400 | 30.1 | 165.550 | 24.750 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 5 | 3400 | 25.6 | 140.800 | 27.390 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 4 | 3400 | 20.62 | 113.410 | 29.260 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 3 | 3400 | 15.3 | 84.150 | 30.250 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 2 | 3400 | 9.8 | 53.900 | 29.700 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 1 | 3400 | 4.4 | 24.200 | 24.200 | 68 | 52.30769231 | OK |

Tabel 5. 25 Simpangan antar lantai arah x

Analisa simpangan antar lantai arah y

| Lantai | hi (mm) | δ_{ye} (mm) | δ_y (mm) | Δ (mm) | Δa (mm) | $\Delta a / \rho(\text{mm})$ | Kondisi |
|--------|------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|---------|
| 10 | 3400 | 31.76 | 174.680 | 5.830 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 9 | 3400 | 30.7 | 168.850 | 8.250 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 8 | 3400 | 29.2 | 160.600 | 12.650 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 7 | 3400 | 26.9 | 147.950 | 14.850 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 6 | 3400 | 24.2 | 133.100 | 18.700 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 5 | 3400 | 20.8 | 114.400 | 20.350 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 4 | 3400 | 17.1 | 94.050 | 23.100 | 68 | 52.30769231 | OK |

| | | | | | | | |
|---|------|------|--------|--------|----|-------------|----|
| 3 | 3400 | 12.9 | 70.950 | 23.650 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 2 | 3400 | 8.6 | 47.300 | 24.750 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 1 | 3400 | 4.1 | 22.550 | 22.550 | 68 | 52.30769231 | OK |

Tabel 5. 26 Simpangan antar lantai arah y

Gedung B

Analisa simpangan antar lantai arah x

| Lantai | hi (mm) | δ_{xe} (mm) | δ_x (mm) | Δ (mm) | Δa (mm) | $\Delta a / \rho(\text{mm})$ | Kondisi |
|--------|------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|---------|
| 10 | 3400 | 34.11 | 187.605 | 6.655 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 9 | 3400 | 32.9 | 180.950 | 10.450 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 8 | 3400 | 31 | 170.500 | 13.750 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 7 | 3400 | 28.5 | 156.750 | 16.775 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 6 | 3400 | 25.45 | 139.975 | 20.075 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 5 | 3400 | 21.8 | 119.900 | 22.550 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 4 | 3400 | 17.7 | 97.350 | 24.200 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 3 | 3400 | 13.3 | 73.150 | 25.850 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 2 | 3400 | 8.6 | 47.300 | 25.300 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 1 | 3400 | 4 | 22.000 | 22.000 | 68 | 52.30769231 | OK |

Tabel 5. 27 Simpangan antar lantai arah x

Analisa simpangan antar lantai arah y

| Lantai | hi (mm) | δ_{xe} (mm) | δ_x (mm) | Δ (mm) | Δa (mm) | $\Delta a / \rho(\text{mm})$ | Kondisi |
|--------|------------|-----------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|---------|
| 10 | 3400 | 33.7 | 185.350 | 6.050 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 9 | 3400 | 32.6 | 179.300 | 9.900 | 68 | 52.30769231 | OK |

| | | | | | | | |
|---|------|-------|---------|--------|----|-------------|----|
| 8 | 3400 | 30.8 | 169.400 | 13.365 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 7 | 3400 | 28.37 | 156.035 | 16.720 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 6 | 3400 | 25.33 | 139.315 | 19.525 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 5 | 3400 | 21.78 | 119.790 | 22.000 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 4 | 3400 | 17.78 | 97.790 | 24.090 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 3 | 3400 | 13.4 | 73.700 | 25.300 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 2 | 3400 | 8.8 | 48.400 | 25.520 | 68 | 52.30769231 | OK |
| 1 | 3400 | 4.16 | 22.880 | 22.880 | 68 | 52.30769231 | OK |

Tabel 5. 28 Simpangan antar lantai arah Y

5.6.5 Kontrol Pemisahan Struktur

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.12.3 struktur yang bersebelahan harus dipisahkan dengan jarak minimum sebesar :

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2}$$

Dimana :

δ_{M1} dan δ_{M2} adalah perpindahan maksimum pada struktur bangunan yang bersebelahan di tepi-tepi yang berdekatan

$$\delta_{M1} = \frac{C_d 48.73}{I_e} = \frac{5.5 42.1}{1} = 231.55$$

$$\delta_{M2} = \frac{C_d 33.5}{I_e} = \frac{5.5 33.5}{1} = 184.25$$

$$\delta_{MT} = \sqrt{231.55^2 + 184.25^2} = 295 \text{ mm}$$

Jadi jarak antara struktur primer minimum adalah 295 mm, maka akan dipakai jarak aktual sepanjang 300mm.

5.6.6 Ferifikasi Analisa Struktur

5.6.6.1 Ferifikasi Beban Aksial Kolom

| beban mati atap | | | | | |
|---------------------------|--------------|------------|----------------------------|-------------|-----------------------|
| Objek | panjang m | lebar m | berat kN/m ³ | tinggi m | beban aksial kN |
| Pelat lantai | 8 | 4.375 | 24 | 0.12 | 100.8 |
| Balok Melintang 1 | 2.875 | 0.65 | 24 | 0.35 | 15.6975 |
| Balok memanjang | 8 | 0.7 | 24 | 0.4 | 53.76 |
| Balok Melintang 2 | 1.5 | 0.5 | 24 | 0.3 | 5.4 |
| sistem plafond | 8 | 4.375 | 0.065 | | 2.275 |
| lap. waterproof | 8 | 4.375 | 0.01 | | 0.35 |
| ducting mekanikal | 8 | 4.375 | 0.19 | | 6.65 |
| aspal | 8 | 4.375 | 0.14 | | 4.9 |
| berat sendiri kolom | 0.65 | 0.55 | 24 | 3.4 | 29.172 |
| balok anak | 2.875 | 0.4 | 24 | 0.3 | 8.28 |

| |
|-----------|
| 227.284 |
| total = 5 |

Tabel 5. 29 Perhitungan Beban Mati atao

| beban mati lantai | | | | | |
|---------------------|--------------|------------|----------------------------|-------------|--------------------|
| objek | panjang m | lebar m | berat kN/m ³ | tinggi m | beban aksial kN |
| Pelat lantai | 8 | 4.375 | 24 | 0.12 | 100.8 |
| Balok Melintang | 2.875 | 0.65 | 24 | 0.35 | 15.6975 |
| Balok memanjang | 8 | 0.7 | 24 | 0.4 | 53.76 |
| balok anak | 2.875 | 0.4 | 24 | 0.3 | 8.28 |
| sistem plafond | 8 | 4.375 | 0.065 | | 2.275 |
| keramik | 8 | 4.375 | 0.15 | | 5.25 |
| bata ringan | 15.25 | | 0.9 | 3.4 | 46.665 |
| ducting mekanikal | 8 | 4.375 | 0.19 | | 6.65 |
| berat sendiri kolom | 0.55 | 0.65 | 24 | 3.4 | 29.172 |
| spesi | 8 | 4.375 | 0.05 | | 1.75 |
| partisi | 8 | 2.875 | 0.72 | | 16.56 |
| Balok Melintang 2 | 1.5 | 0.5 | 24 | 0.35 | 6.3 |
| total | | | | | = 293.1595 |

Tabel 5. 30 Perhitungan Beban Mati Lantai

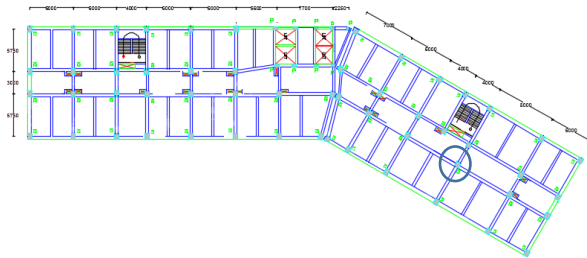
| beban hidup | panjang m | Lebar M | berat kN/m2 | beban aksial kN |
|-------------|--------------|------------|----------------|-----------------------|
| Atap | 8 | 4.375 | 0.96 | 33.6 |

Tabel 5. 31 Perhitungan Beban Hidup atap

| beban hidup | panjang m | lebar m | berat kN/m2 | beban aksial kN |
|-------------|--------------|------------|----------------|--------------------|
| apartemen | 8 | 2.875 | 1.92 | 44.16 |
| apartemen | 8 | 1.5 | 4.79 | 57.48 |

Tabel 5. 32 Perhitungan Beban Hidup Lantai

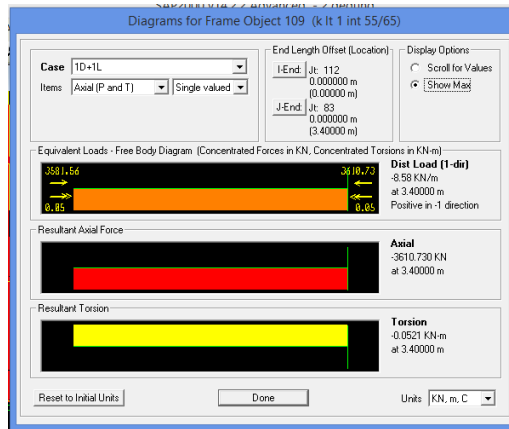
Jumlah beban yang ditanggung kolom lantai dasar :



Gambar 5. 10 Kolom yang di tinjau

$$P = 227 + 33.6 + 9 \times (293 + 44.16 + 57.48) = 3814 \text{ kN}$$

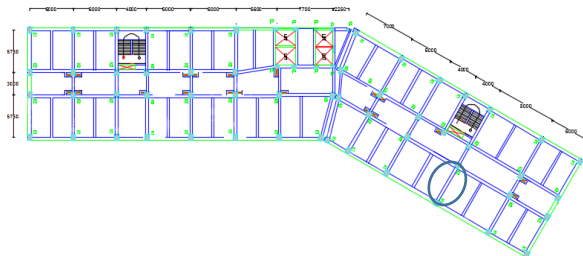
Beban Aksial didapat dari SAP sebesar 3610 kN



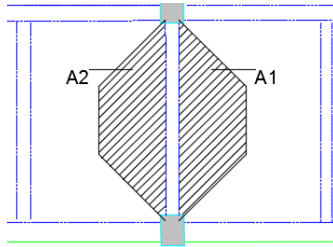
Gambar 5. 11 Output Beban Axial SAP 2000

Perbedaan antara perhitungan manual dan SAP 2000 sebesar 204 kN (5.3%)

5.6.6.2 Ferifikasi Momen Balok



Luas tributary plat



$$A1 = A2 = 0.5 \times (5.75 + (5.75 - (2 + 2)) \times 2 = 7.5 \text{ m}^2$$

Karena balok yang ditinjau menanggung beban dari 2 plat maka luas tersebut dikali 2, jadi Luas yang ditanggung balok yang ditinjau adalah : 15 m^2

Beban hidup

$$L = (1.92 \text{ kN/m}^2 \times 15) / 5.75 = 5 \text{ kN/m}$$

Beban Mati

- Berat sendiri pelat : $0.12 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.88 \text{ kN/m}^2$
- Berat sendiri balok : $0.65 \times 0.35 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 5.46 \text{ kN/m}$

Berat mati tambahan

- Spesi : $= 0.05 \text{ kN/m}^2$
- Sistem Plafon $= 0.065 \text{ kN/m}^2$
- Mechanical Electrical $= 0.19 \text{ kN/m}^2$
- Beban Partisi $= 0.72 \text{ kN/m}^2$
- Beban Dinding : $3.4 \times 0.9 \text{ kN/m}^2 = 3.06 \text{ kN/m}$

Beban Mati total per satuan panjang

$$D = ((4.055 \times 15) / 5.75) + 3.06 + 5.46 = 19.06 \text{ kN/m}$$

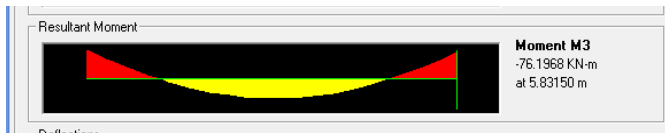
$$1D+1L = 19.06 + 5.46 = 24.52 \text{ kN/m}^2$$

Momen Balok

Tumpuan

$$M_t = \frac{Q L^2}{11} = \frac{24.52 \cdot 5.75^2}{11} = 73.7 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan dari Program SAP 2000 didapat Momen sebesar 76.2 kN/m^2 . Sehingga di dapat perbedaan Momen sebesar 2.5 kN/m^2 (3.2%)

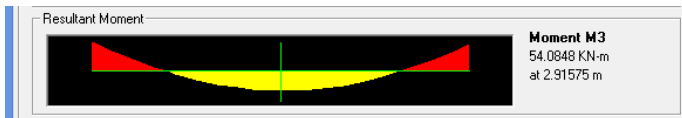


Gambar 5. 12 Momen Tumpuan SAP 2000

Lapangan

$$M_{lap} = \frac{Q L^2}{16} = \frac{24.52 \cdot 5.75^2}{16} = 50.6 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan dari Program SAP 2000 didapat Momen sebesar 54 kN/m^2 . Sehingga di dapat perbedaan Momen sebesar 3.4 kN/m^2 (6.2%)



Gambar 5. 13 Momen Lapangan SAP 2000

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

Perhitungan Struktur Sekunder

6.1 Perhitungan Struktur Pelat Lantai

6.1.1 Perhitungan Plat 1 arah

Pelat / slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam design, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya 2 kali lebar atau lebih, maka semua beban lantai menuju balok-balok sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai **pelat satu arah** (*one way slab*).

6.1.1.1 Pembebanan Plat 1 arah

Beban yang dominan pada struktur pelat lantai adalah beban mati dan beban hidup.

Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat} = 0.12\text{m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban keramik} = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban plafon} = 0.065 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban ducting Plumbing} = 0.19 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban Spesi} = 0.05 \text{ kN/m}^2$$

$$= 3.335 \text{ kN/m}^2$$

Beban hidup

Beban hidup koridor Apartemen = 4.79 kN/m²

Beban Ultimit

$$Qu1 = 1.4 Q_D = 1.4 (4.055) = 5.677 \text{ kN/m}$$

$$Qu2 = 1.2 Q_D + 1.6 Q_L = 1.2 (3.335) + 1.6 (4.79) = 11.6 \text{ kN/m}$$

(menentukan)

6.1.1.2 Analisis Struktur Pelat Lantai

Analisis struktur pelat lantai bertujuan untuk mengetahui momen letur yang bekerja pada pelat lantai. Pada pelat satu arah besar momen dapat dihitung sesuai ketentuan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3. Sementara untuk pelat 2 arah perhitungan momen bisa menggunakan bantuan tabel koefisien momen pelat. Setelah momen diketahui maka kita dapat menghitung banyak tulangan yang dibutuhkan.

Berikut ini beberapa parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan plat:

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

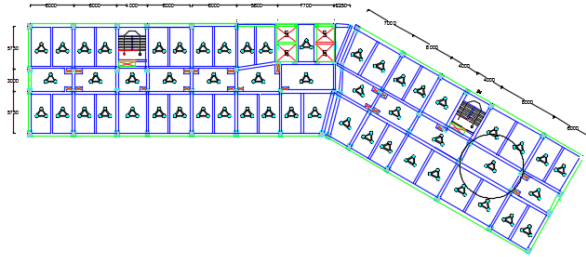
$$f_y = 235 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{40-28}{7} \times 0.05 = 0.764 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)}$$

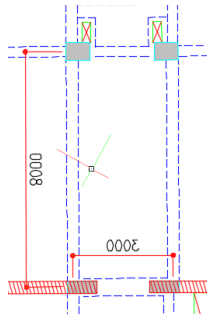
Selimut beton 20mm (SNI 2847-2013 pasal 7.7.1(c))

$$d = tp - \text{selimut} - D/2 = 120 - 20 - 8/2 = 96 \text{ mm}$$

sebagai contoh akan diambil pelat lobby (pelat type C) lantai 2 seperti gambar



Gambar 6. 1 Plat yang ditinjau



Gambar 6. 2 Dimensi Plat

$$Ly = 8000 - \left(\frac{300}{2} - \frac{300}{2} \right) = 7700 \text{ mm}$$

$$Lx = 3000 - \left(\frac{400}{2} - \frac{400}{2} \right) = 2600 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{7700}{2600} = 2.96 > 2 \text{ (plat 1 arah)}$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{16} Qu Lx^2 = \frac{1}{16} 11.66 2.6^2 = 4.9 \text{ kNm}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{11} Qu Lx^2 = \frac{1}{11} 11.66 2.6^2 = 7.1 \text{ kNm}$$

6.1.1.3 Perhitungan penulangan tumpuan

$$M_u = 7.1 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{11.6 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 7.88 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{235}{0.85 \times 40} = 6.9$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{235} \frac{600}{600 + 235} = 0.079$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.079 = 0.059$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{7.88 \times 10^6}{1000 \times 95^2} = 0.874$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{6.911} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.911 \times 0.874}{235}} \right) = 0.0037$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat rasio tulangan minimum ditentukan berdasarkan kebutuhan minimum terhadap suhu dan susut terdapat pada SNI 2847-2013 7.12.2.1 . dimana Slab yang menggunakan mutu 280 atau 350 mendapat $\rho_{min} = 0.002$.

Karena $p_{min} < \rho$ maka ratio yang digunakan tetap $\rho = 0.0037$

Setelah harga ρ didapat maka kita bisa menentukan As.

$$As = \rho \times b \times d = 0.0037 \times 1000 \times 95 = 358 \text{ mm}^2$$

Kontrol As-min

$$As_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{235} 1000 95 \\ = 639.18 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$As_{min} = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 1000 95}{235} = 565.9 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas maka didapat $As_{min} = 639.18 \text{ mm}^2$. Karena $As < As_{min}$ maka nilai As harus di cek kembali dengan syarat:

$$1.3 As = 1.3 \times 358 = 465 \text{ mm}^2$$

Karena nilai dari $1.3 \times As$ lebih kecil dari syarat As_{min} maka nilai yang harus dipakai sebagai As pasang adalah $1.3As$. karena apabila menggunakan As_{min} dianggap terlalu boros (SNI 2847-2013 pas 10.5.3). $As = 465 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan utama.

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{A_{D10}} = \frac{465}{78.5} = 5.9 \approx 6$$

$$S_{perlu} = \frac{1000}{6 - 1} = 200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan untuk slab tidak boleh melebihi nilai terkecil dari tiga kali tebal slab atau 450 mm. sedangkan pada pasal 13.3.2 disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab.

$$S_{maks\ 1} = 3 \times t_p = 3 \times 120\text{mm} = 360\text{ mm}$$

$$S_{maks\ 2} = 2 \times t_p = 2 \times 120\text{mm} = 240\text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{maks\ 3} = 450\text{ mm}$$

Karena $S_{perlu} > S_{maks}$ maka jarak antar tulangan dipakai S_{maks} . Jadi digunakan tulangan D10-200, $A_s = 471\text{ mm}^2$

Tulangan suhu dan susut

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :

(a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 = 0,0020

(b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 = 0,0018

dengan syarat diatas maka didapat ρ tulangan susut sebesar 0.002 sehingga:

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.002 \times 1000 \times 95 = 198\text{mm}$$

$$A_{D8} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 8^2 = 50.24\text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{A_{D8}} = \frac{198}{50.24} = 3.94 \approx 4$$

$$S_{perlu} = \frac{1000}{4 - 1} = 333 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Sedangkan syarat untuk jarak tulangan susut adalah nilai terkecil dari 2 nilai dibawah ini :

$$S_{maks} = 5 \times t_p = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

Karena $S_{perlu} > S_{maks}$ maka $S = 250 \text{ mm}$. Jadi tulangan susut dipakai D8-250 mm $A_s = 251.2 \text{ mm}^2$

Kontrol kondisi penampang

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{314 \times 235}{0.85 \times 40 \times 1000} = 2.17 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{2.17}{0.764} = 2.83 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8}d = \frac{3}{8} 95 = 35.626 \text{ mm}$$

$c < 3/8d$ (tension controlled, asumsi awal benar)

kontrol retak terhadap jarak antar tulangan

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \text{ dan tidak lebih besar dari } 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

f_s = tegangan Tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layanan sebesar $2/3 f_y$

c_c = jarak dari permukaan tulangan ke muka Tarik

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 235 = 156.66 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{156.66} \right) - 2.5 \times 20 = 674 \text{ mm}$$

$$s = 300 \left(\frac{280}{156.66} \right) = 536.19 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan = 240 mm (lebih kecil dari batas, OK)

Kontrol Geser Plat

Kontrol ketebalan pelat terhadap geser dilakukan pada bagian tumpuan. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3, nilai V_u adalah:

$$V_u = \frac{Q_u l_x}{2} = \frac{7.074 \times 2.6}{2} = 9.19 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0.17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 95 = 102141 \text{ N}$$

Keterangan: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$\phi V_c = 0.75 \times 102141 = 76605 \text{ N} = 76.6 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u$ (tebal pelat memenuhi persyaratan geser)

6.1.1.4 Perhitungan penulangan lapangan

$$M_u = 4.9 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{4.9 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 5.41 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{235}{0.85 \times 40} = 6.9$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{235} \times \frac{600}{600 + 235} = 0.079$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.079 = 0.059$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{5.41 \times 10^6}{1000 \times 95^2} = 0.599$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{6.911} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.911 \times 0.599}{235}} \right) = 0.0025$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat rasio tulangan minimum ditentukan berdasarkan kebutuhan minimum terhadap suhu dan susut terdapat pada SNI 2847-2013 7.12.2.1 . dimana Slab yang menggunakan mutu 280 atau 350 mendapat $\rho_{min} = 0.002$.

Karena $p_{min} < \rho$ maka ratio yang digunakan tetap $\rho = 0.0027$

Setelah harga ρ didapat maka kita bisa menentukan A_s .

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0025 \times 1000 \times 95 = 244 \text{ mm}^2$$

Kontrol A_{s-min}

$$A_{s \min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{235} 1000 95 \\ = 639.18 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{s \min} = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 1000 95}{235} = 565.9 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas maka didapat $A_{smin} = 639.18 \text{ mm}^2$. Karena $A_s < A_{s \min}$ maka nilai A_s harus di cek kembali dengan syarat:

$$1.3 A_s = 1.3 \times 244 = 317 \text{ mm}^2$$

Karena nilai dari $1.3 \times A_s$ lebih kecil dari syarat $A_{s \min}$ maka nilai yang harus dipakai sebagai A_s pasang adalah $1.3A_s$. karena apabila menggunakan A_{smin} dianggap terlalu boros (SNI 2847-2013 pas 10.5.3). $A_s = 317 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan utama.

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{D10}} = \frac{317}{78.5} = 4.1 \approx 5$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{1000}{5 - 1} = 250 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan untuk slab tidak boleh melebihi nilai terkecil dari tiga kali tebal slab atau 450 mm. sedangkan pada pasal 13.3.2 disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab.

$$S_{maks\ 1} = 3 \times t_p = 3 \times 120\text{mm} = 360\text{ mm}$$

$$S_{maks\ 2} = 2 \times t_p = 2 \times 120\text{mm} = 240\text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{maks\ 3} = 450\text{ mm}$$

Karena $S_{perlu} > S_{maks}$ maka jarak antar tulangan dipakai S_{maks} . Jadi digunakan tulangan D10-200, $A_s = 471\text{ mm}^2$

Tulangan suhu dan susut

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :

(a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 = 0,0020

(b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 = 0,0018

dengan syarat diatas maka didapat ρ tulangan susut sebesar 0.002 sehingga:

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.002 \times 1000 \times 95 = 198\text{mm}$$

$$A_{D8} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 8^2 = 50.24\text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s\ perlu}}{A_{D8}} = \frac{198}{50.24} = 3.94 \approx 4$$

$$S_{perlu} = \frac{1000}{4 - 1} = 333 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Sedangkan syarat untuk jarak tulangan susut adalah nilai terkecil dari 2 nilai dibawah ini :

$$S_{maks} = 5 \times t_p = 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 450 \text{ mm (menentukan)}$$

Karena $S_{perlu} > S_{maks}$ maka $S = 250 \text{ mm}$. Jadi tulangan susut dipakai D8-250 mm $A_s = 251.2 \text{ mm}^2$

Kontrol kondisi penampang

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{314 \times 235}{0.85 \times 40 \times 1000} = 2.17 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{2.17}{0.764} = 2.83 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8}d = \frac{3}{8} 95 = 35.626 \text{ mm}$$

$c < 3/8d$ (tension controlled, asumsi awal benar)

kontrol retak terhadap jarak antar tulangan

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \text{ dan tidak lebih besar dari } 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

f_s = tegangan Tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layanan sebesar $2/3 f_y$

c_c = jarak dari permukaan tulangan ke muka Tarik

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 235 = 156.66 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{156.66} \right) - 2.5 \times 20 = 674 \text{ mm}$$

$$s = 300 \left(\frac{280}{156.66} \right) = 536.19 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan = 240 mm (lebih kecil dari batas, OK)

Kontrol Geser Plat

Kontrol ketebalan pelat terhadap geser dilakukan pada bagian tumpuan. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3, nilai V_u adalah:

$$V_u = \frac{Q_u l_x}{2} = \frac{7.074 \times 2.6}{2} = 9.19 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0.17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 95 = 102141 \text{ N}$$

Keterangan: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$\phi V_c = 0.75 \times 102141 = 76605 \text{ N} = 76.6 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u$ (tebal pelat memenuhi persyaratan geser)

6.1.2 Perencanaan Plat 2 arah

Apabila perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya kurang dari 2, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung pendukung disekelilingnya, dengan demikian, panel disebut **pelat 2 arah** (*two way slab*), dengan tulangan utama dipasang 2 arah yaitu searah sumbu x dan searah sumbu y.

Beban mati

| | |
|---|-------------------------|
| Berat sendiri pelat = $0.12\text{m} \times 24 \text{ kN/m}^3$ | = 2.88 kN/m^2 |
| Beban keramik | = 0.15 kN/m^2 |
| Beban plafon | = 0.065 kN/m^2 |
| Beban ducting Plumbing | = 0.19 kN/m^2 |
| Beban Spesi | = 0.05 kN/m^2 |
| Beban Partisi | = 0.72 kN/m^2 |
| | <hr/> |
| | = 4.055 kN/m^2 |

➤ Beban Hidup sesuai SNI 1727-2013 tabel 4-1

| | |
|--------------|------------------------|
| Ruang hunian | = 1.92 kN/m^2 |
|--------------|------------------------|

Beban Ultimit

$$Q_{u1} = 1.4 Q_D = 1.4 (4.055) = 5.677 \text{ kN/m}$$

$$Q_{u2} = 1.2 Q_D + 1.6 Q_L = 1.2 (4.055) + 1.6 (1.92) = 7.938 \text{ kN/m}$$

(menentukan)

Analisis Struktur Pelat Lantai 2 arah

Analisis struktur pelat lantai bertujuan untuk mengetahui momen letur yang bekerja pada pelat lantai. Pada pelat satu arah besar momen dapat dihitung sesuai ketentuan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3. Sementara untuk pelat 2 arah perhitungan momen bisa menggunakan bantuan tabel koefisien momen pelat. Setelah momen diketahui maka kita dapat menghitung banyak tulangan yang dibutuhkan.

Berikut ini beberapa parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan plat:

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 235 \text{ Mpa}$$

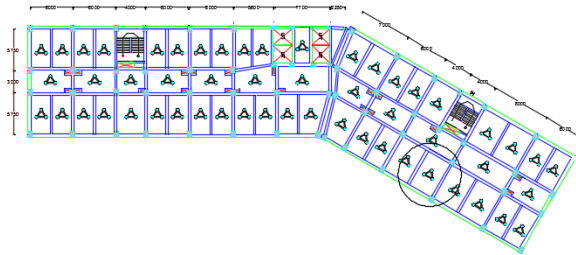
$$\beta_1 = 0.85 - \frac{40-28}{7} \times 0.05 = 0.764 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)}$$

Selimut beton untuk tulangan 10 mm = 20mm (SNI 2847-2013 pasal 7.7.1(c))

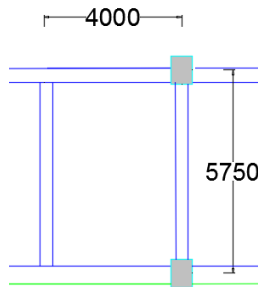
$$d_y = t_p - \text{selimut} - D/2 = 140 - 20 - 13/2 = 113.5 \text{ mm}$$

$$d_x = t_p - \text{selimut} - D/2 = 140 - 20 - 13 - 13/2 = 100.5 \text{ mm}$$

sebagai contoh akan diambil pelat lobby (pelat type A) lantai 2 seperti gambar



Gambar 6. 3 Plat yang ditinjau


















Gambar 6. 4 Dimensi plat

$$Lx = 4000 - \left(\frac{350}{2} + \frac{300}{2} \right) = 3650 \text{ mm}$$

$$Ly = 5750 - \left(\frac{400}{2} + \frac{400}{2} \right) = 5350 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{5350}{3650} = 1.44 \leq 2 \text{ (plat 2 arah)}$$

Dari tabel PBI maka didapat nilai momen pada plat 2 arah :

| Tipe Pelat |  | Momen | lx / ly | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|-----------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| | | | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | >2.5 | |
| I |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 44 | 32 | 29 | 26 | 23 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 44 | 45 | 45 | 44 | 44 | 43 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 25 | |
| II |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 21 | 25 | 28 | 31 | 34 | 36 | 37 | 38 | 40 | 41 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 8 | |
| III |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 32 | 39 | 64 | 69 | 73 | 76 | 79 | 81 | 82 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 32 | 34 | 36 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 |
| IV |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 28 | 33 | 38 | 42 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 | 57 | 58 | 59 | 59 | 60 | 61 | 61 | 63 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 23 | 22 | 21 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 13 | |
| V |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 68 | 77 | 85 | 92 | 98 | 103 | 107 | 111 | 113 | 116 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 122 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 68 | 72 | 74 | 76 | 77 | 77 | 78 | 78 | 78 | 78 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 |
| VI |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 32 | 28 | 34 | 42 | 45 | 55 | 62 | 68 | 74 | 80 | 85 | 89 | 93 | 97 | 100 | 103 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 32 | 35 | 37 | 39 | 40 | 41 | 41 | 41 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 35 | 25 | |
| VII |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 70 | 79 | 87 | 94 | 100 | 105 | 109 | 112 | 115 | 117 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 123 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 32 | 34 | 36 | 38 | 39 | 40 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| VIII |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 22 | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 70 | 74 | 77 | 79 | 81 | 82 | 83 | 84 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 |
| IX |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 31 | 36 | 45 | 53 | 60 | 66 | 72 | 78 | 83 | 88 | 92 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 37 | 39 | 41 | 41 | 42 | 42 | 41 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 25 | |
| X |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 84 | 92 | 99 | 104 | 109 | 112 | 115 | 117 | 119 | 121 | 122 | 122 | 123 | 123 | 124 | 124 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 37 | 41 | 45 | 48 | 51 | 53 | 55 | 56 | 58 | 59 | 60 | 60 | 60 | 61 | 61 | 62 | 63 | 63 |
| XI |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 31 | 30 | 28 | 27 | 25 | 24 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 13 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 84 | 92 | 98 | 103 | 108 | 111 | 114 | 117 | 119 | 120 | 121 | 122 | 122 | 123 | 123 | 124 | 125 | 125 |
| XII |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 21 | 26 | 31 | 36 | 40 | 43 | 46 | 49 | 51 | 53 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 63 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 26 | 27 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 13 | |
| XIII |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 55 | 65 | 74 | 82 | 89 | 94 | 99 | 103 | 106 | 110 | 114 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 125 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 60 | 63 | 69 | 72 | 74 | 76 | 77 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 79 | 79 | 79 |
| XIV |  | $M_{lx} = +0.001 q l_x^2 X$ | 26 | 29 | 32 | 35 | 36 | 38 | 39 | 40 | 40 | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | |
| | | $M_{ly} = +0.001 q l_y^2 X$ | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 |

Tabel 6. 1 Koefisien Momen Plat PBI

$$M_{lx} = +0.001 Q L_x^2 35 = +0.001 7.94 4^2 35 = 4.44 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = +0.001 Q L_x^2 17.5 = +0.001 7.94 4^2 17.5 = 2.22 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0.001 Q L_x^2 74.5 = -0.001 7.94 4^2 74.5 = -9.46 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0.001 Q L_x^2 57 = -0.001 7.94 4^2 57 = -7.2 \text{ kNm}$$

Perhitungan Tulangan Plat 2 Arah

Momen tumpuan arah X

$$M_u = 9.46 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{9.46 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 10.51 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{235}{0.85 \times 40} = 6.911$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{235} \times \frac{600}{600 + 235} = 0.079$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.079 = 0.069$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d^2} = \frac{10.51 \times 10^6}{1000 \times 95^2} = 1.16$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{6.91} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.91 \times 1.16}{235}} \right) = 0.005$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat rasio tulangan minimum ditentukan berdasarkan kebutuhan minimum terhadap suhu dan susut terdapat pada SNI 2847-2013 7.12.2.1 . dimana Slab yang menggunakan mutu 280 atau 350 mendapat $p_{min} = 0.002$.

Karena $p_{min} < \rho$ maka ratio yang digunakan tetap $\rho = 0.004$

Setelah harga ρ didapat maka kita bisa menentukan As.

$$As = \rho \times b \times d = 0.005 \times 1000 \times 95 = 479.18 \text{ mm}^2$$

kontrol As-min

$$As_{min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{235} 1000 \cdot 95$$

$$= 649 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$As_{min} = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 \cdot 1000 \cdot 95}{235} = 565 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas maka didapat $As_{min} = 649 \text{ mm}^2$. Karena $As < As_{min}$ maka nilai As harus di cek apakah 1.3 As lebih kecil dari As_{min} .

$$1.3As = 1.3 \cdot 479.18 \text{ mm}^2 = 622.92 \text{ mm}^2$$

Karena $1.3 As < As_{min}$ maka tulangan yang dipasang adalah $1.3 As = 622.92 \text{ mm}^2$.

Kontrol jarak tulangan utama.

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{A_{D10}} = \frac{622.92}{78.5} = 7.93 \approx 8$$

$$S_{perlu} = \frac{1000}{8 - 1} = 142 \text{ mm} \approx 140 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan untuk slab tidak boleh melebihi nilai terkecil dari tiga kali tebal slab atau 450 mm. sedangkan pada pasal 13.3.2 disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab.

$$S_{maks} 1 = 3 \times t_p = 3 \times 120 \text{ mm} = 360 \text{ mm}$$

$$S_{maks} 2 = 2 \times t_p = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{maks} 3 = 450 \text{ mm}$$

Karena $S_{perlu} < S_{maks}$ maka jarak antar tulangan tetap dipakai S_{perlu} . Jadi digunakan tulangan D10-140, $A_s = 628 \text{ mm}^2$. karena tipe plat disebelah pelat ini mempunyai tulangan tumpuan D10-240, maka untuk memudahkan pemasangan akan dipakai tulangan D10-100.

Kontrol kondisi penampang

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{628 \times 235}{0.85 \times 40 \times 1000} = 4.34 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{4.34}{0.764} = 5.68 \text{ mm}$$

$$\frac{3}{8}d = \frac{3}{8} 95 = 35.6 \text{ mm}$$

$c < 3/8d$ (tension controlled, asumsi awal benar)

Kontrol retak terhadap jarak antar tulangan

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \text{ dan tidak lebih besar dari } 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

f_s = tegangan Tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layanan sebesar $2/3 f_y$

c_c = jarak dari permukaan tulangan ke muka Tarik

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 235 = 156 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{156} \right) - 2.5 \times 20 = 632 \text{ mm}$$

$$s = 300 \left(\frac{280}{156} \right) = 538 \text{ mm}$$

Jarak antar tulangan = 140 mm (lebih kecil dari batas, OK)

Kontrol geser pada plat

Kontrol ketebalan pelat terhadap geser dilakukan pada bagian tumpuan. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3, nilai V_u adalah:

$$V_u = \frac{Q_u l_x}{2} = \frac{7.94 \times 4}{2} = 15.88 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0.17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 95 \\ &= 102141 \text{ N} \end{aligned}$$

Ket: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$\phi V_c = 0.75 \times 102141 = 76605 \text{ N} = 76.60 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u$ (tebal pelat memenuhi persyaratan geser)

| | arah x | arah y |
|----------|-----------|----------|
| Tumpuan | D10 – 100 | D10 -150 |
| Lapangan | D10 - 200 | D10-200 |

Tabel 6. 2 penulangan plat 2 arah

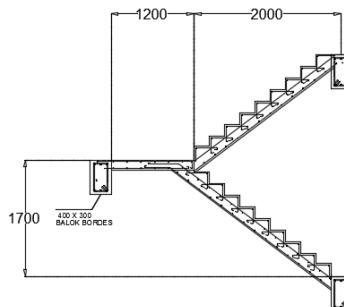
6.2 Desain struktur pelat tangga

Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik itu konstruksi maupun perletakannya

Dalam perencanaan ini tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi, yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya – gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tak tentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi – sendi , sendi – jepit, sendi – rol.

Spesifikasi teknis pelat tangga dan pelat bordes yang didesain adalah :

| | |
|-----------------------|-----------|
| Beton f'_c | = 40 Mpa |
| Tulangan f_y | = 390 Mpa |
| Tebal pelat tangga | = 150 mm |
| Panjang bordes | = 1200 mm |
| Panjang tangga | = 2400 mm |
| Tinggi injakan | = 190 mm |
| Lebar injakan | = 220 mm |
| Panjang miring tangga | = 2624 mm |



Gambar 6. 5 Sketsa Dimensi Tangga

Tebal efektif pelat tangga

$$\text{Luas 1} = 0.5 \times 22 \times 19 = 209 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas 2} = 0.5 \times (22^2 + 19^2)^{0.5} \times d = 14.5 d$$

$$\text{Luas 1} = \text{Luas 2}$$

$$209 \text{ cm}^2 = 14.5 d$$

$$d = 14.41 \text{ cm}$$

$$0.5 d = 7.2 \text{ cm}$$

$$\text{tinggi efektif pelat} = 15 + 7.2 = 22.2 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$$

6.2.1 Pembebanan struktur pelat tangga

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimit dari beban mati dan beban hidup sebagai berikut:

6.2.1.1 Pelat tangga**Beban mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat tangga} &: \frac{t}{\cos \alpha} \times Q \times \text{lebar} = \\ \frac{0.23}{\cos 37} \times 24 \times 1.75 &= 11.55 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban keramik} = 0.15 \times 1.75 = 0.26 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Spesi} &= 0.05 \times 1.75 = 0.09 \\ &= \underline{11.9 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 4.79 \times 1.75 = 8.38 \text{ kN/m}$$

Beban ultimit

$$Q_u1 = 1.4 Q_d = 1.4 \times 11.9 = 16.6 \text{ kN/m}$$

$$Qu2 = 1.2 Qd + 1.6 Ql = 1.2 \times 11.9 + 1.6 \times 8.38 = 27.688 \text{ kN/m}$$

Dipakai $Qu2 = 27.688 \text{ kN/m}$

6.2.1.2 Pelat bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat bordes} : 0.15 \times 24 \times 3.7 = 13.32 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban keramik + spesi} = 0.15 \times 3.7 = 0.555 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban keramik + spesi} &= 0.15 \times 3.7 = 0.111 \text{ kN/m} \\ &= \underline{13.99 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 4.79 \times 3.7 = 17.7 \text{ kN/m}$$

Beban ultimit

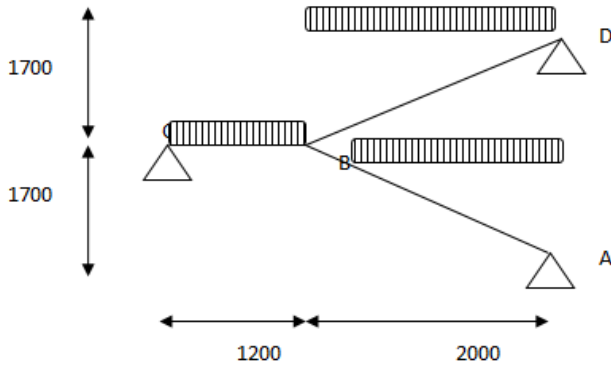
$$Qu1 = 1.4 Qd = 1.4 \times 13.99 = 19.58 \text{ kN/m}$$

$$Qu2 = 1.2 Qd + 1.6 Ql = 1.2 \times 13.99 + 1.6 \times 17.7 = 45.1 \text{ kN/m}$$

Dipakai $Qu2 = 45.1 \text{ kN/m}$

6.2.2 Analisis struktur pelat tangga

Dalam analisi pelat tangga dan bordes ini perletakan pada ujung ujung bordes dan tangga akan di asumsikan sebagai sendi. Sedangkan untuk menentukan gaya-gaya dalam yang terjadi pada tangga akan digunakan metode cross secara 2 dimensi.



Penyelesaian Cross

$$\mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BE} = \frac{3EI}{1,2} : \frac{3EI}{2,62} : \frac{3EI}{2,62} = 2,5 EI : 1,14EI : 1,14EI$$

$$\mu_{BA} = \frac{2,5EI}{2,5EI + 1,14EI + 1,14EI} = 0,522$$

$$\mu_{BC} = \mu_{BE} = \frac{1,14EI}{2,5EI + 1,53EI + 1,53EI} = 0,24$$




$$\text{Kontrol : } \mu_{BA} + \mu_{BC} + \mu_{BE} = 1 \quad (\text{OK})$$

Momen primair

$$MF_{BC} = +1/8 \cdot 4510 \cdot 1,2^2 = 811,8 \text{ kgm}$$

$$MF_{BD} = -1/8 \cdot 2768 \cdot 2,62^2 = -2348 \text{ kgm}$$

$$MF_{BA} = -1/8 \cdot 2768 \cdot 2,62^2 = -2348 \text{ kgm}$$

| Tabel Cross | | | |
|------------------|---|---|---|
| Titik Bentang | B | | |
| | BC | BA | BD |
| FD | -0.52 | -0.24 | -0.24 |
| MF | 811.8 | -2384 | -2384 |
| MD | 2067 | 945 | 945 |
| MI | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MD | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| M Akhir | 2878 | -1439 | -1439 |
| Gambar Momen |  |  |  |

Kontrol Momen Akhir pada Tabel Cross

$$\sum M. \text{ Akhir} = 0$$

$$M.BC + M.BA + M.BD = 0$$

$$2878 - 1439 - 1439 = 0$$

Batang BC

$$\sum M_B = 0 \quad \text{dimisalkan } V_C \uparrow$$

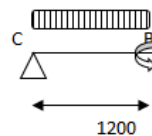
$$-V_C \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BC)} = 0$$

$$-V_C \cdot 1,2\text{m} + \frac{1}{2} \cdot 4510 \text{ kg/m} \cdot (1,2\text{m})^2 - 2878 \text{ kgm} = 0$$

$$V_C = 307.4 \text{ kg} \uparrow$$

Maka,

$$V_B = Q.L - V_C = 4510 \text{ kg/m} \cdot 1,2 \text{ m} - 307.4 \text{ kg} =$$



$$= 5150 \text{ kg} \quad \uparrow$$

Batang BA

$$\Sigma M_B = 0 \quad \text{dimisalkan } V_A \uparrow$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{(BA)} - M_{(AB)} = 0$$

$$V_A \cdot 2\text{m} - \frac{1}{2} \cdot 2768 \text{ kg/m} \cdot (2\text{m})^2 + 1439 \text{ kgm}$$

$$V_A = 3488 \text{ kg} \quad \uparrow$$

Maka,

$$V_B = Q L - V_A = (2768 \times 2) - 3488 \text{ kg}$$

$$V_B = 2048 \text{ kg} \quad \uparrow$$

Batang BD

Untuk reaksi V_B pada batang BD, dapat diambil langsung dari reaksi penjumlahan antara reaksi V_B di batang BA dan BC, namun perlu diketahui bahwa reaksi V_B pada batang BD harus memiliki arah yang berlawanan dengan 2 reaksi V_B lainnya. Sehingga kontrol ΣV pada titik B = 0 (karena bukan merupakan perletakan)

Maka reaksi V_B pada batang BD dapat ditentukan sebagai berikut;

$$\Sigma V = 0$$

$$V_B.BD + V_B.BA + V_B.BC = 0$$

$$V_B.BD + 2048 + 5150 = 0$$

$$V_B.BD = 7198 \text{ kg} \quad \downarrow$$

Maka, reaksi V_D dapat ditentukan

$$\begin{aligned} V_D &= Q L + V_B = (2768 \times 2) + 7198 \text{ kg} \\ &= 12734 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mencari M max

Batang BD

$$N_{BD} = -V_B \sin(37) = -7198 \sin(37) = -4331 \text{ kg}$$

$$D_{BD} = V_B \cos(37) = 7198 \cos(37) = 5748 \text{ kg}$$

$$D_{DB} = V_D \cos(37) = 12734 \cos(37) = 10177 \text{ kg}$$

Bidang N, D dan M

Lihat Kanan Potongan

$$N_{X1} = -4331 \text{ Kg}$$

$$X1 = 0$$

$$X1 = 2 \text{ m}$$

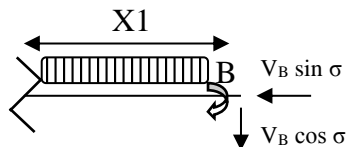
$$D_{X1} = 5748 + 2768 \cdot X1$$

$$D_B = 5748$$

$$D_D = 11284$$

$$M_{X1} = -5748 \cdot X1 - 4510 \cdot X1 - M_{(BD)}$$

$$M_{BD} = -1439 \text{ (M.Max pada batang BD)}$$



Mencari Mmax

Batang BA

$$N_{BA} = V_B \sin (37) = 2048 \sin (37) = 1232 \text{ kg}$$

$$D_{BA} = V_B \cos (37) = 2048 \cos (37) = 1635 \text{ kg}$$

$$D_{AB} = V_A \cos (37) = 3488 \cos (37) = 2785 \text{ kg}$$

Bidang N, D dan M

Lihat Kanan Potongan

$$N_{X2} = 1232 \text{ Kg}$$

$$X2 = 0$$

$$X2 = 2 \text{ m}$$

$$D_{X2} = -1635 + 2768 \cdot X2$$

$$D_B = -1635$$

$$D_A = 3901$$

Pada D=0, terjadi momen maximum

$$D_{X2} = 0$$

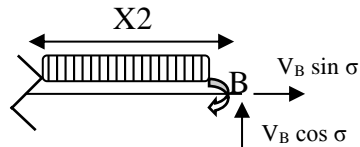
$$-1635 + 2768 \cdot X1 = 0$$

$$X1 = 0.59 \text{ m (dari titik B)}$$

$$M_{X2} = -1635 \cdot (X1) + 2768 (X1) - M_{(BD)}$$

$$M_{X2} = 1635(0.59) - 2768 (0.59) - 1439$$

$$M_{X2} = -2107 \text{ kgm (Momen Max Tangga)}$$



Dari perhitungan di atas dapat diperoleh nilai momen yang disajikan dalam tabel berikut :

| Rekap | |
|-----------------|-------------|
| Letak | Momen (Kgm) |
| Momen tumpuan B | 2878 |
| Momen Max BA | -2107 |
| Momen Max BD | -1439 |

6.2.3 Penulangan Plat Tangga

$$M_u = 14.39 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{14.39 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 15.98 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{235}{0.85 \times 40} = 6.91$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{235} \times \frac{600}{600 + 235} = 0.079$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.07 = 0.059$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{15.98 \times 10^6}{1750 \times 125^2} = 0.58$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{6.91} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.91 \times 0.58}{235}} \right) = 0.0025$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat rasio tulangan minimum ditentukan berdasarkan kebutuhan minimum terhadap suhu dan susut terdapat pada SNI 2847-2013 7.12.2.1 . dimana Slab yang menggunakan mutu 280 atau 350 mendapat $\rho_{min} = 0.002$.

Karena $p_{min} < \rho$ maka ratio yang digunakan tetap $\rho = 0.025$

Setelah harga ρ didapat maka kita bisa menentukan A_s .

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0025 \times 1750 \times 125 = 549 \text{ mm}^2$$

kontrol A_{s-min}

$$A_{s-min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{235} 1750 125 \\ = 1471.8 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{s-min} = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 1750 125}{235} = 1303.2 \text{ mm}^2$$

Dari nilai diatas maka didapat $A_{smin} = 1471.8 \text{ mm}^2$. Karena $A_s > A_{smin}$ maka nilai A_s harus di cek lagi apakah A_{smin} lebih besar dari 1.3 A_s .

$$1.3 A_s = 1.3 549 \text{ mm}^2 = 713.78 \text{ mm}^2$$

Karena $1.3 A_s < A_{smin}$ maka tulangan yang digunakan adalah $1.3 A_s = 713.78 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak tulangan utama.

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 = 132.5 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{D13}} = \frac{713.78}{78.5} = 9.09 \approx 10$$

$$S_{perlu} = \frac{1750}{10 - 1} = 194 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan untuk slab tidak boleh melebihi nilai terkecil dari tiga kali tebal slab atau 450 mm. sedangkan pada pasal 13.3.2 disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab.

$$S_{maks\ 1} = 3 \times t_p = 3 \times 120\text{mm} = 360\text{ mm}$$

$$S_{maks\ 2} = 2 \times t_p = 2 \times 120\text{mm} = 240\text{ mm (menentukan)}$$

$$S_{maks\ 3} = 450\text{ mm}$$

Karena $S_{perlu} < S_{maks}$ maka jarak antar tulangan tetap dipakai S_{perlu} . Jadi digunakan tulangan D13-150, $A_s = 942\text{ mm}^2$

Kontrol kondisi penampang

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{942 \times 235}{0.85 \times 40 \times 1750} = 3.72\text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{3.72}{0.764} = 4.86\text{ mm}$$

$$\frac{3}{8}d = \frac{3}{8} 93.5 = 35\text{ mm}$$

$c < 3/8d$ (tension controlled, asumsi awal benar)

kontrol retak terhadap jarak antar tulangan

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4

Syarat:

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \text{ dan tidak lebih besar dari } 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Dimana :

f_s = tegangan Tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layanan sebesar $\frac{2}{3} f_y$

c_c = jarak dari permukaan tulangan ke muka Tarik

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 235 = 156 \text{ Mpa}$$

$$C_c = 20 \text{ mm}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{156} \right) - 2.5 \times 20 = 677 \text{ mm}$$

$$s = 300 \left(\frac{280}{156} \right) = 538 \text{ mm}$$

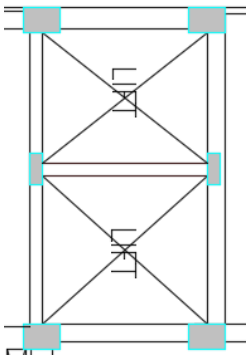
Jarak antar tulangan = 150 mm (lebih kecil dari batas, OK)

6.3 Perhitungan Balok Penggantung Lift

Pada gedung apartemen ini direncanakan menggunakan 4 buah lift, masing-masing kapasitas angkut 17 orang dengan data perencanaan sebagai berikut:

| | |
|---|------------------------|
| Beban Elevator | |
| Type lift | : IRIS NV Standard |
| Kapasitas | : 1150 kg (20 orang) |
| Kecepatan | : 1 m/s |
| Lebar pintu (opening width) | : 1000 mm |
| Motor | : 18,5 KW |
| Dimensi sangkar (Car size) | : |
| - Car wide (CW) | : 1800 mm |
| - Car depth (CD) | : 1500 mm |
| Dimensi ruang luncur (hoistway size) Duplex | |

- Hoistway width (HW): 4850 mm
- Hoistway depth (HD) : 2200 mm

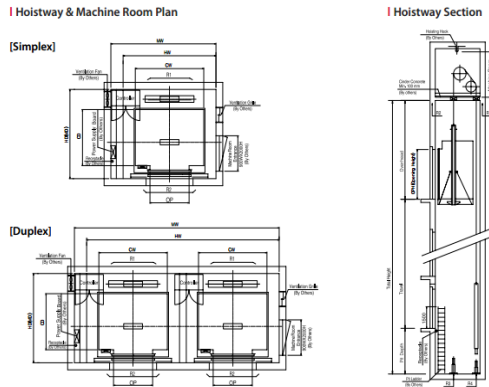


Gambar 6. 6 Sketsa Hoistway

Perhitungan Balok Penggantung lift dengan kapasitas angkut 10 orang menggunakan spesifikasi sebagai berikut :

| Speed (m/s) | Capacity | | Opening Width (mm) | Car Size | | Hoistway Size | | | | Machine Room Size | | | | Reaction Load | | | |
|------------------|----------|----------|--------------------------|----------|------|---------------|------|--------|------|-------------------|------|--------|------|---------------|------|-------|-------|
| | | | | | | Simplex | | Duplex | | Simplex | | Duplex | | Machine Room | | Pit | |
| | Person | Load(kg) | | CW | CD | HW | HD | HW | HD | MW | MD | MW | MD | R1 | R2 | R3 | R4 |
| 1.5 ~ 1.75 | 8 | 550 | 800 | 1400 | 1030 | 1800 | 1700 | 3750 | 1700 | 1800 | 1700 | 3750 | 1700 | 4200 | 2800 | 7150 | 5300 |
| | 9 | 600 | 800 | 1400 | 1130 | 1800 | 1750 | 3750 | 1750 | 1800 | 1750 | 3750 | 1750 | 4500 | 3100 | 7500 | 5500 |
| | 10 | 680 | 800 | 1400 | 1250 | 1800 | 1900 | 3750 | 1900 | 1800 | 1900 | 3750 | 1900 | 4900 | 3400 | 8150 | 5900 |
| | 11 | 750 | 800 | 1400 | 1350 | 1800 | 2000 | 3750 | 2000 | 1800 | 2000 | 3750 | 2000 | 5250 | 3700 | 8600 | 6150 |
| | 13 | 900 | 900 | 1600 | 1350 | 2000 | 2000 | 4150 | 2000 | 2000 | 2000 | 4150 | 2000 | 5750 | 4100 | 9850 | 6900 |
| | 15 | 1000 | 900 | 1600 | 1500 | 2000 | 2150 | 4150 | 2150 | 2000 | 2150 | 4150 | 2150 | 6150 | 4300 | 10550 | 7300 |
| | 17 | 1150 | 1000 | 1800 | 1500 | 2350 | 2200 | 4850 | 2200 | 2350 | 2200 | 4850 | 2200 | 9400 | 7750 | 15450 | 11500 |
| | | | 1100 | 2000 | 1350 | 2550 | 2050 | 5250 | 2050 | 2550 | 2050 | 5250 | 2050 | | | | |
| | 20 | 1350 | 1000 | 1800 | 1700 | 2350 | 2400 | 4850 | 2400 | 2350 | 2400 | 4850 | 2400 | 10000 | 8250 | 16850 | 12300 |
| | | | 1100 | 2000 | 1500 | 2550 | 2200 | 5250 | 2200 | 2550 | 2200 | 5250 | 2200 | | | | |
| | 24 | 1600 | 1100 | 2000 | 1750 | 2550 | 2450 | 5250 | 2450 | 2550 | 2450 | 5250 | 2450 | 11500 | 8700 | 18550 | 13300 |
| | | | | 2150 | 1600 | 2700 | 2300 | 5550 | 2300 | 2700 | 2300 | 5550 | 2300 | | | | |

Tabel 6. 3 Spesifikasi Lift

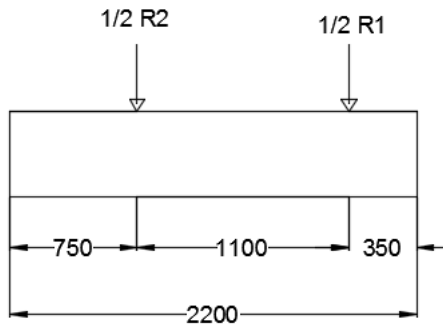


Gambar 6. 7 Sketsa Spesifikasi Lift

Dari spesifikasi lift diatas maka didapat reaksi beban lift sebagai berikut :

- R1 = Beban Counter Weight = 9400 kg
- R2 = Beban Ruang Lift = 7750 kg

Kedua reaksi diatas akan ditumpu oleh 2 balok untuk masing-masing unit lift sehingga beban yang ditanggung tiap balok hanya setengah dari beban tersebut. Sedangkan untuk posisi kedua reaksi tersebut pada balok dapat dilihat dari sketsa di bawah ini:



Gambar 6. 8 Sketsa Pembebanan Lift

6.3.1 Perhitungan Pembebanan

Dimensi balok lift digunakan BL 25/35

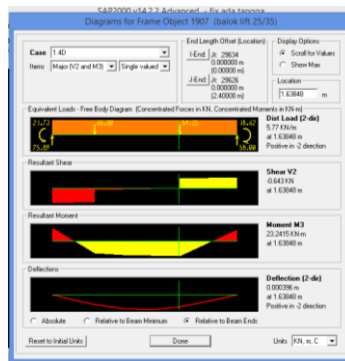
Beban Mati

Berat balok = $0.25\text{m} \times 0.35\text{m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.1 \text{ kN/m}$

Beban terpusat R1 = 4700 kg = 47 kN

Beban terpusat R2 = 3875 kg = 38.75 kN

Analisa gaya dalam BL menggunakan SAP didapatkan :



Gambar 6. 9 Output Gaya dalam Lift Sap 2000

- Mu Tumpuan = -21.73 kNm
- Mu Lapangan = 23.26 kNm
- Vu = 75 kN

6.3.2 Perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan

$$Mu = 21.73 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{21.73 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 24.14 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 fc} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times fc}{fy} \times \frac{600}{600 + fy} \\ &= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0.04 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho b = 0.75 \times 0.04 = 0.03$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d^2} = \frac{24.14 \times 10^6}{250 \times 300.5^2} = 1.06$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.06}{390}} \right) = 0.002 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}(OK)$$

$$As = \rho b d = 0.002 \times 250 \times 300.5 = 202.5 \text{ mm}^2$$

kontrol A_{smin}

$$A_{smin} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{390} 200 \cdot 287.5$$

$$= 291.4 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{smin} = \frac{1.4 b_w d}{f_y} = \frac{1.4 \cdot 200 \cdot 287.5}{390} = 258 \text{ mm}^2$$

$A_s < A_{smin}$

Maka dipakai $A_s = A_{smin} = 291.4$, dipasang 2D19 A_s aktual = 566.77 mm^2

Kontrol jarak antar tulangan

$$S = \frac{250 - 40 - 40 - 13 - 13 - 2 \times 19}{2} = 134.5 \text{ mm}$$

Karena $S > 25 \text{ mm}$ maka tulangan cukup dipasang 1 lapis saja.

Cek M_n aktual

$$d \text{ aktual} = 350 - 40 - 13 - 9.5 = 287.5$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{566.77 \cdot 390}{0.85 \cdot 40 \cdot 250} = 26.31 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 566.77 \cdot 390 \left(287.5 - \frac{26.31}{2} \right) = 54.76 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$54.76 \text{ kNm} > 21.73 \text{ kNm (OK)}$$

Cek tension controlled

Parameter yang digunakan

$$d = 287.5 \text{ mm} \quad a = 26.31 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0.764$$

$$\frac{a}{dt} = \frac{26.31}{287.5} = 0.067$$

$$\frac{a_{tcl}}{dt} = 0.375 \beta_1 = 0.375 \times 0.764 = 0.2865$$

$$\frac{a}{dt} < \frac{a_{tcl}}{dt} \text{ (OK, kondisi tension controlled)}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan pada lapangan

$$M_u = 23.26 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{23.26 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 25.84 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0.04 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.04 = 0.03$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{25.84 \times 10^6}{250 \times 287.5^2} = 1.25$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11.47 x 1.25}{390}} \right) = 0.0032$$

$$\rho < \rho_{\max}(OK)$$

$$A_s = \rho b d = 0.0032 \cdot 250 \cdot 287.5 = 234.9 \text{ mm}^2$$

kontrol A_{smin}

$$A_{smin} = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{390} \cdot 200 \cdot 287.5$$

$$= 291.4 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{smin} = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 \cdot 200 \cdot 287.5}{390} = 258 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{smin}$$

Maka dipakai $A_s = A_{smin} = 291.4$, dipasang 2D19 A_s aktual = 566.77 mm²

Kontrol jarak antar tulangan

$$S = \frac{250 - 40 - 40 - 13 - 13 - 2 \times 19}{2} = 134.5 \text{ mm}$$

Karena $S > 25 \text{ mm}$ maka tulangan cukup dipasang 1 lapis saja.

Cek M_n aktual

$$d \text{ aktual} = 350 - 40 - 13 - 9.5 = 287.5$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{566.77 \cdot 390}{0.85 \cdot 40 \cdot 250} = 26.31 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 566.77 \cdot 390 \left(287.5 - \frac{26.31}{2} \right) = 54.76 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$54.76 \text{ kNm} > 21.73 \text{ kNm (OK)}$$

Cek tension controlled

Parameter yang digunakan

$$d = 287.5 \text{ mm} \quad a = 26.31 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0.764$$

$$\frac{a}{d} = \frac{26.31}{287.5} = 0.067$$

$$\frac{a_{tcl}}{d} = 0.375 \beta_1 = 0.375 \times 0.764 = 0.2865$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_{tcl}}{d} \text{ (OK, kondisi tension controlled)}$$

Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser dilakukan berdasar SNI 2847 Ps. 8.3.3

$$V_u = 84 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.17\lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

$$= 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 287.5 = 77278 \text{ N}$$

Ket: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

Maka didapat

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{84}{0.75} - 77.27 = 34.27 \text{ kN}$$

SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9 menyebutkan bahwa V_s tidak boleh lebih besar dari:

$$V_{s-\max} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b_w d = \frac{2}{3} \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 287.5 = 303 \text{ kN}$$

(OK, $V_s = 34.27 < V_{s-\max} = 303 \text{ kN}$)

Dipakai diameter tulangan D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265.33 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{265.33 \cdot 235 \cdot 287.5}{34} = 527 \approx 520 \text{ mm}$$

Cek S maksimum

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 menyebutkan bahwa hoop pertama harus dipasang pada jarak 50mm dari muka tumpuan terdekatan dan yang berikutnya dipasang dengan spasi terkecil di antara nilai berikut:

- $d/4$ $= 287.5 / 4$ $= 71.875 \text{ mm}$
- $6 \times d \text{ tul}$ $= 6 \times 19$ $= 114 \text{ mm}$
- 150 mm

Tapi tidak perlu kurang dari 100 mm , dengan demikian tulangan di daerah sendi plastis dipasang sengkang 2 kaki D13 jarak 100 mm

Cek V_s aktual

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{265.33 \times 235 \times 287.5}{100} = 179 \text{ kN}$$

(OK, V_s aktual $> V_s$)

Panjang sendi plastis dari sisi muka kolom terdekat diambil yang terbesar antara :

- $L_n/4$ $= 2400/4 = 600 \text{ mm}$
- $2h$ $= 2 \times 350 = 700 \text{ mm}$

Maka sendi plastis didapat sepanjang 700 mm. Sedangkan untuk tulangan diluar sendi plastis dipasang tulangan D13 2kaki dengan jarak maksimum $d/2 = 287.5 / 2 = 143.75 \text{ mm}$
 $\approx 140 \text{ mm}$

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

7.1 Umum

Struktur Primer memegang peranan yang sangat penting pada suatu bangunan, karena selain menanggung beban gravitasi struktur primer juga menahan beban lateral horizontal seperti beban gempa dan beban angin. Pada perencanaan struktur primer dengan Sistem Rangka Pemikul Momen ini rangka bangunan yang berupa balok dan kolom menanggung seluruh beban yang ada. Struktur primer yang direncanakan pada Bab ini yaitu :

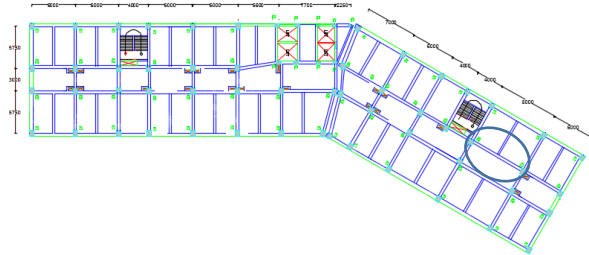
1. Balok Utama
2. Kolom
3. Hubungan Balok-Kolom

7.2 Desain Balok

Balok adalah bagian struktur yang sangat penting yang berguna untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu balok juga berguna sebagai pengaku lateral pada suatu struktur. Pada tugas akhir kali ini penulangan balok didesain tipikal untuk lantai 1-atap. Tujuan desain seperti ini dapat mempermudah dan mempercepat pelaksanaan di lapangan. Perencanaan penulangan balok mengacu ada SNI 2847:2013 pasal 21.5 mengenai komponen struktur khusus rangka pemikul momen khusus.

Perencanaan penulangan balok induk dapat dilakukan setelah mendapat gaya-gaya dalam yang terjadi pada Analisa struktur utama dari hasil Analisa struktur dengan program bantu SAP 2000. Dalam struktur bangunan ini terdapat beberapa jenis balok yang berbeda. Untuk mempersingkat dan mempermudah

penulisan Tugas Akhir kali ini maka contoh perhitungan elemen balok hanya di ditampilkan untuk 1 jenis balok saja dan sisanya akan di sajikan dalam bentuk tabel dan gambar pada lampiran.

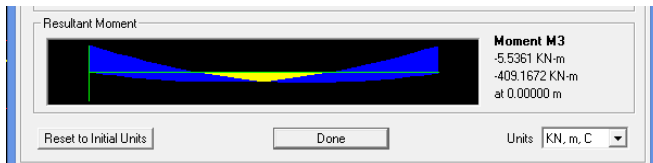


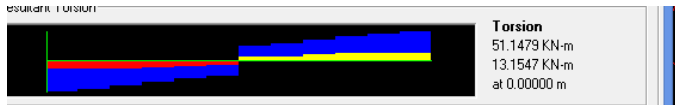
Gambar 7. 1 Balok Induk yang ditinjau

Data Desain Balok Primer:

- Mutu beton f'_c = 40 Mpa
- Dimensi Balok = 400 x 700 mm
- Bentang Balok (L) = 8000 mm
- Bentang bersih balok = 7450 mm
- Diameter tulangan lentur = 22mm ($f_y = 390$ Mpa)
- Diameter tulangan geser = 13mm ($f_y = 390$ Mpa)
- Tinggi efektif (d) = $700 - 40 - 13 - 11 = 636$ mm

Hasil Analisa struktur Balok:





- $M^-_{\text{tumpuan}} = 409 \text{ kNm}$
- $M^+_{\text{tumpuan}} = 7 \text{ kNm}$
- $M_{\text{lap}} = 146 \text{ kNm}$
- $P_u = 6 \text{ kN}$
- $T_{\text{orsi}} = 51 \text{ kN}$

7.2.1 Kontrol Lingkup struktur lentur rangka momen khusus

- $A_g f_c' / 10 > P_u$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.1)
 $700\text{mm} \times 400\text{mm} \times 40\text{Mpa} / 10 > 6 \text{ kN}$
 $1120\text{kN} > 6 \text{ kN}$ (OK)
- $L_n > 4d$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.2)
 $5125\text{mm} > 4 \times 636\text{mm}$
 $5125\text{mm} > 2544\text{mm}$ (OK)
- $b_w > 250\text{mm}$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3)
 $400\text{mm} > 250\text{mm}$ (OK)
- $b/h > 0.3$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3)
 $400/700 > 0.3$
 $0.571 > 0.3$ (OK)

7.2.2 Penulangan Lentur Tumpuan

7.2.2.1 Penulangan negatif tumpuan

$$M_u = 409 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{409 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 454 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0.04$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.04 = 0.03$$

$$\rho_{maks} = 0.03 \text{ (menentukan)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{454 \times 10^6}{400 \times 636^2} = 2.8$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 2.8}{390}} \right) = 0.0075$$

$$\rho < \rho_{\max}(OK)$$

$$A_s = \rho b d = 0.0075 \times 350 \times 636 = 1914 \text{ mm}^2$$

kontrol As-min

$$A_s - \min = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{390} \times 350 \times 636$$

$$= 1031 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_s - \min = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 \times 350 \times 636}{390} = 913 \text{ mm}^2$$

$A_s > A_{smin}$ (OK, syarat tulangan minimum terpenuhi)
 Maka dipakai 6D22 $A_{saktual} = 2279 \text{ mm}^2$

Kontrol jarak antar tulangan

$$S = \frac{400 - 40 - 40 - 13 - 13 - 6x22}{5} = 32.4 \text{ mm}$$

Karena $S < 25 \text{ mm}$, maka tulangan lentur di rencanakan menjaddi 1 lapis.

Cek M_n aktual

$$d \text{ aktual} = 700 - 40 - 13 - 11 = 636 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{2279 \cdot 390}{0.85 \cdot 40 \cdot 350} = 66.15 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 2279 \cdot 390 \left(636 - \frac{66.15}{2} \right) = 482.43 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$482 \text{ kNm} > 409 \text{ kNm (OK)}$$

Cek tension controlled

Parameter yang digunakan

$$d = 586 \text{ mm} \quad a = 66.15 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0.764$$

$$\frac{a}{d} = \frac{66.15}{586} = 0.11$$

$$\frac{a_{tcl}}{d} = 0.375 \beta_1 = 0.375 \times 0.764 = 0.2865$$

$$\frac{a}{dt} < \frac{a_{tcl}}{dt} \text{ (OK, kondisi tension controlled)}$$

7.2.2.2 Penulangan positif tumpuan

Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

Karena pada balok ini $M^+_{tump} (9\text{kNm}) < \frac{1}{2} M^-_{tump} (204.5 \text{ kNm})$ maka M_u yang digunakan untuk menentukan tulangan positif tumpuan adalah $\frac{1}{2} M^-_{tump} = 204.5\text{kNm}$

$$M_u = 204.5 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{204.5 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 227 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0.04$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.04 = 0.03$$

$$\rho_{maks} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{204.5 \times 10^6}{400 \times 636^2} = 1.4$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1.4}{390}} \right) = 0.0036$$

$$\rho < \rho_{\max}(OK)$$

$$A_s = \rho b d = 0.0036 \times 400 \times 636 = 935 \text{ mm}^2$$

kontrol As-min

$$A_s - \min = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{390} \times 350 \times 636 \\ = 1031 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_s - \min = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 \times 350 \times 636}{390} = 913 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai $A_s = A_{s\min} = 1031$, dipasang 3D22 A_s aktual = 1031 mm^2

Kontrol jarak antar tulangan

$$S = \frac{400 - 40 - 40 - 13 - 13 - 3 \times 22}{2} = 114 \text{ mm}$$

Karena $S > 25 \text{ mm}$ maka tulangan cukup dipasang 1 lapis saja.

Cek Mn aktual

$$d \text{ aktual} = 700 - 40 - 13 - 11 = 636$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{1139.8 \times 390}{0.85 \times 40 \times 400} = 33.07 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0.9 \cdot 1139.8390 \left(636 - \frac{33.07}{2} \right) = 247 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$247 \text{ kNm} > 204.5 \text{ kNm (OK)}$$

Cek tension controlled

Parameter yang digunakan

$$d = 487.5 \text{ mm} \quad a = 32.89 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0.764$$

$$\frac{a}{dt} = \frac{33.07}{636} = 0.052$$

$$\frac{a_{tcl}}{dt} = 0.375 \beta_1 = 0.375 \times 0.764 = 0.2865$$

$$\frac{a}{dt} < \frac{a_{tcl}}{dt} \text{ (OK, kondisi tension controlled)}$$

7.2.3 Penulangan lapangan balok

Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat momen baik positif dan negatif pada penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

Karena pada balok ini $M_{lap} (146 \text{ kNm}) > \frac{1}{4} M_{tumpuan} (102.2 \text{ kNm})$ maka M_u yang digunakan untuk menentukan lapangan tarik adalah $M_{lap} = 146 \text{ kNm}$

$$Mu = 146 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{146 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 162 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.47$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0.04$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.04 = 0.03$$

$$\rho_{maks} = 0.025 \text{ (menentukan)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{146 \times 10^6}{300 \times 487.5^2} = 1$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{11.47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.47 \times 1}{390}} \right) = 0.0026$$

$$\rho < \rho_{\max}(OK)$$

$$A_s = \rho b d = 0.0026 \times 400 \times 636 = 636 \text{ mm}^2$$

kontrol As-min

$$A_s - \min = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b w d = \frac{0.25 \sqrt{40}}{390} \times 350 \times 636$$

$$= 1031 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_s - \min = \frac{1.4 b w d}{f_y} = \frac{1.4 \times 350 \times 636}{390} = 913 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai $A_s = A_{smin} = 1031$, dipasang 3D22 A_s aktual = 1031 mm^2

Kontrol jarak antar tulangan

$$S = \frac{400 - 40 - 40 - 13 - 13 - 3x22}{2} = 114 \text{ mm}$$

Karena $S > 25 \text{ mm}$ maka tulangan cukup dipasang 1 lapis saja.

Cek M_n aktual

$$d \text{ aktual} = 700 - 40 - 13 - 11 = 636$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{1139.8 \cdot 390}{0.85 \cdot 40 \cdot 400} = 33.07 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 1139.8 \cdot 390 \left(636 - \frac{33.07}{2} \right) = 247 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$247 \text{ kNm} > 204.5 \text{ kNm (OK)}$$

Cek tension controlled

Parameter yang digunakan

$$d = 487.5 \text{ mm} \quad a = 32.89 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0.764$$

$$\frac{a}{d} = \frac{33.07}{636} = 0.052$$

$$\frac{a_{tcl}}{d} = 0.375 \beta_1 = 0.375 \times 0.764 = 0.2865$$

$$\frac{a}{dt} < \frac{a_{tcl}}{dt} \text{ (OK, kondisi tension controlled)}$$

Penulangan positif lapangan

Untuk tulangan positif lapangan walaupun tidak ada momen positif yang dihasilkan dari Analisa struktur, tetap harus memenuhi persyaratan Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.2.2 dimana kuat momen harus direncanakan sebesar $\frac{1}{4} M^-$ tum. Maka dipasang 2D22 dengan $A_s = 759 \text{ mm}^2$

7.2.4 Perhitungan Torsi pada balok

Berdasar SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor lebih kecil dari :

$$A_{cp} = x_0 \times y_0 = 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2x(x_0 + y_0) = 2x(400 + 700) = 2200 \text{ mm}$$

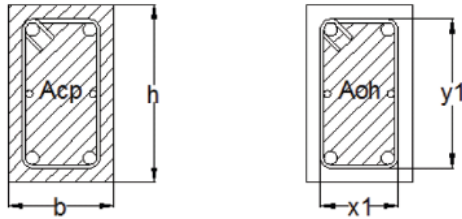
$$\begin{aligned} \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{40} \left(\frac{280000^2}{2200} \right) \\ &= 14 \text{ KN} \end{aligned}$$

$T_u = 51 \text{ KN} > 14 \text{ KN}$ (Not OK), maka diperlukan tulangan penahan torsi

7.2.4.1 Cek kekuatan penampang balok terhadap torsi.

Dimensi balok harus memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bwd} \right)^2 + \left(\frac{TuPh}{1,7A^2_{oh}} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$



Gambar 7. 2 Sketsa Acp dan Aoh

$$bh = b - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{\text{senggang}} = 400 - 2(40) - (13) = 307 \text{ mm}$$

$$hh = h - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{\text{senggang}} = 700 - 2(40) - (13) = 607 \text{ mm}$$

$$Ph = 2(bh + hh) = 2(307 + 607) = 1828 \text{ mm}$$

$$A_o h = bh \times hh = 307 \times 607 = 186349 \text{ mm}^2$$

$$Vc = 0,17 \sqrt{f'c} bw d = 0,17 \sqrt{40} \times 400 \times 636 = 256462 \text{ kN}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bwd}\right)^2 + \left(\frac{TuPh}{1,7A^2_{oh}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{186 \times 10^3}{400 \times 636}\right)^2 + \left(\frac{51 \times 10^6 \times 1828}{1,7(186349)^2}\right)^2} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\phi \left(\frac{Vc}{bwd} + 0,66 \sqrt{f'c} \right) = 0.75 \left(\frac{256462}{400 \times 636} + 0,66 \sqrt{40} \right) = 3.88 \text{ Mpa}$$

$$1.73 \text{ MPa} \leq 3.88 \text{ MPa (Ok)}$$

7.2.4.2 Hitung kebutuhan tulangan torsi

$$\frac{A_t}{s} = \frac{Tn}{2A_0 f_{yv} \cot \theta} = \frac{51/0,75}{2 \times 158396 \times 390 \times 1} = 0,55 \text{ mm}^2/\text{mm/satu kaki}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{A_t}{s} = 0.175 \frac{bw}{fy} = 0.175 \frac{400}{390} = 0.178 \text{ mm}^2/\text{mm/satu kaki}$$

7.2.4.3 Hitung tulangan torsi longitudinal

Berdasar SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan torsi longitudinal adalah

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{f_{yt}}{fy} \right) \cot \theta$$

$$Al = 0,55 \times 1828 \left(\frac{390}{390} \right) \cot 45 = 1006 \text{ mm}^2$$

Cek luas Al minimum SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3

$$Al_{min} = \frac{0,42 \sqrt{f'c} A_{cp}}{fy} - \left(\frac{At}{s} \right) Ph \frac{f_{yt}}{fy}$$

$$Al_{min} = \frac{0,42 \sqrt{40} 280000}{390} - 0,55 \times 1828 \frac{390}{390} = 900 \text{ mm}^2$$

Karena Al rencana < Almin, maka dipakai Al torsi = 718 mm

Untuk mendistribusikan A_λ secara sama di semua empat muka balok tersebut, gunakan $\frac{1}{4}A_\lambda$ di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4}A_\lambda$ di dua sudut terbawah. dan $\frac{1}{2} A_\lambda$ di tengah balok Sehingga

$$Al = \frac{Al}{4} = \frac{1006}{4} = 251.5 \text{ mm}^2$$

As perlu untuk tumpuan negative = 1914 mm²

$$As + Al = 1914 + 251.5 = 2166 \text{ mm}^2$$

Karena tulangan pasang = 2279 mm² > 2166 mm² maka tulangan longitudinal negative tumpuan tetap dipasang 6D22

As perlu untuk tumpuan positif = 935 mm²

$$As + Al = 935 + 251.5 = 1186.5 \text{ mm}^2$$

Karena tulangan pasang = 1139.82 mm² < 1186.5 mm² maka tulangan longitudinal positif tumpuan akan dipasang dipasang 4D 22

Untuk tulangan di tengah balok Sediakan D13 (As=132.66mm²).

$$Al = \frac{Al}{2} = \frac{1006}{2} = 503 \text{ mm}^2$$

Pasang 4D13 As= 528 mm² > 504 mm² (OK)

7.2.5 Penulangan Geser Balok

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.1 yang menyatakan bahwa geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok 1.25fy, dan factor reduksi kuat lentur = 1.

7.2.5.1 Menghitung probable moment capacity (Mpr)

Kapasitas momen ujung ujung balok bila struktur bergoyang kekanan

Kondisi 1 (searah jarum jam di muka kolom interior kanan)

$$a_{pr-1} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \times 2279 \times 390}{0.85 \times 40 \times 400} = 81.71 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 1.25 \times 2279 \times 390 \left(636 - \frac{81.71}{2} \right) = 661 \text{ kNm}$$

Kondisi 2 (searah jarum jam di muka kolom interior kiri)

$$a_{pr-2} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \ 1519 \ 390}{0.85 \ 40 \ 400} = 54.47 \text{ mm}$$

$$M_{pr-2} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-2} = 1.25 \times 1519 \times 390 \left(487.5 - \frac{54.47}{2} \right) = 451 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen ujung ujung balok bila struktur bergoyang kekiri :

Karena detailing penampang kedua ujung balok adalah identik , maka kapasitas momen probable di ujung ujung balok ketika struktur bergoyang ke kiri besarnya sama dengan pada saat struktur bergoyang kekanan, hanya arahnya saja berlawanan.

Kondisi 3 (berlawanan jarum jam di muka kolom interior kiri)

$$a_{pr-3} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \ 2279 \ 390}{0.85 \ 40 \ 400} = 81.71 \text{ mm}$$

$$M_{pr-3} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-3} = 1.25 \times 2279 \times 390 \left(636 - \frac{81.71}{2} \right) = 661 \text{ kNm}$$

Kondisi 4 (berlawanan jarum jam di muka kolom interior kanan)

$$a_{pr-4} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \ 1519 \ 390}{0.85 \ 40 \ 400} = 54.47 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-4} = 1.25 \times 1519 \times 390 \left(487.5 - \frac{54.47}{2} \right) = 451 \text{ kNm}$$

7.2.5.2 Menghitung gaya geser rencana

$$V_u = V_g + V_{sway}$$

Dimana :

- V_u = gaya geser rencana
- V_g = gaya geser akibat gravitasi dengan kombinasi beban 1.32D+1L (134kN dari SAP2000)
- V_{sway} = gaya geser akibat goyangan struktur

Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway - ka} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{Ln} = \frac{661 + 451}{7450} = 149 \text{ kN}$$

- Total reaksi geser di ujung kiri balok
134kN – 149kN = -5 kN
- Total reaksi geser di ujung kanan balok
134kN + 149kN = 283 kN

Struktur bergoyang ke kiri

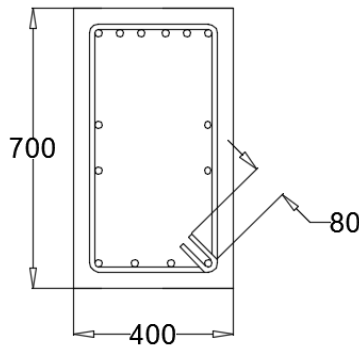
$$V_{sway - ki} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{Ln} = \frac{661 + 451}{7450} = 149 \text{ kN}$$

- Total reaksi geser di ujung kanan balok
134kN – 149kN = -5 kN
- Total reaksi geser di ujung kiri balok
134kN + 149kN = 283 kN

Dari hasil perhitungan di atas didapat gaya geser terbesar $V_u = 283 \text{ kN}$, maka V_u tersebut yang akan dipakai untuk merencanakan tulangan geser.

7.2.5.3 Penulangan geser balok

Kait tulangan geser sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1 mensyaratkan bahwa kait harus sepanjang enam kali diameter tulangan ($6d_b = 78\text{mm}$) tapi tidak lebih kecil dari 75 mm. maka dipakai kait sepanjang 80mm.



Gambar 7. 3 Panjang kait sengkang

$$V_u = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = gaya geser rencana

V_c = tahanan geser beton

V_s = tahanan geser tulangan geser

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 tahanan geser beton (V_c) harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung ujung balok melebihi setengah kuat geser rencana (V_u) di sepanjang bentang
- Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$

Apabila ada salah satu dari kedua syarat di atas tidak terpenuhi maka V_c tidak harus di ambil = 0 , karena pada kasus kali ini :

- V_{sway} (149 kN) melebihi $\frac{1}{2} V_u$ (283kN) maka V_c harus dihitung seperti biasa.
- Gaya aksial akibat kombinasi 1.32D+1.3E+1L (10kN) kurang dari $A_g f'_c / 20$ (1400kN)

Bisa dilihat bahwa kedua syarat tidak terpenuhi maka $V_c = 0$.

Tulangan geser tumpuan

$$V_c = 0$$

Maka didapat

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{283.3}{0.75} - 0 = 377.7 \text{ kN}$$

SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9 menyebutkan bahwa V_s tidak boleh lebih besar dari:

$$V_{s-max} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{2}{3} \sqrt{40} 400 636 = 1072 \text{ kN}$$

(OK, $V_s = 377.7 < V_{s-max} = 1072 \text{ kN}$)

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} x d} = \frac{377.7 \times 10^3}{390 \times 636} = 1.5 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{dua kaki}$$

Dari perhitungan torsi sebelumnya didapat penambahan tulangan geser sebesar $0.55 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{satu kaki}$

$$\frac{Av}{s} = 2 \frac{At}{s} + \frac{Av}{s} = 2 \times 0.55 + 1/5 = 2.62 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{dua kaki}$$

Coba sengkang tertutup D13. luas dua kaki = $265,46 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{\text{luas penampang}}{Avt/s} = \frac{265,46}{2.62} = 101 \text{ mm}$$

Maka diambil sengkang D13 -100 dengan $Av = 265.46 \text{ mm}^2$

Cek S maksimum

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 menyebutkan bahwa hoop pertama harus dipasang pada jarak 50mm dari muka tumpuan terdekatan dan yang berikutnya dipasang dengan spasi terkecil di antara nilai berikut:

- $d/4$ $= 636 / 4$ $= 159 \text{ mm}$
- $6 \times d \text{ tul}$ $= 6 \times 19$ $= 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Tapi tidak perlu kurang dari 100 mm , dengan demikian tulangan di daerah sendi plastis dipasang sengkang 2 kaki D13 jarak 100 mm

Cek V_s aktual

$$V_s = \frac{Av f_y d}{s} = \frac{265.33 \times 390 \times 636}{100} = 598.3 \text{ kN}$$

(OK, $V_s \text{ aktual} > V_s$)

Panjang sendi plastis dari sisi muka kolom terdekat diambil yang terbesar antara :

- $L_n/4 = 7450 / 4 = 1865 \text{ mm}$
- $2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$

Maka sendi plastis didapat sepanjang 1900 mm

Perhitungan tulangan geser di luar sendi plastis

Gaya geser rencana (V_u) untuk zona diluar sendi plastis yang berjarak 1300 mm dari muka kolom adalah 178.95 kN -
 $(30.9 \text{ kN/m} \times 1.3 \text{ m}) = 138.78 \text{ kN}$.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 636 \times 10^{-6} = 268 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{273.16}{0.75} - 268 = 96.1 \text{ kN}$$

Dipakai diameter tulangan D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265.33 \text{ mm}^2$) dengan jarak maksimum $d/2 = 636/2 = 316 \text{ mm}$ diambil (200mm)

Cek V_s aktual

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{265.33 \times 390 \times 636}{200} = 329 \text{ kN}$$

(OK, $V_s \text{ aktual} > V_s$)

7.2.6 Lap splicing pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.1, bahwa sedikitnya harus ada dua tulangan baja yang dibuat menerus dibagian atas dan bagian bawah penampang. Dalam desain balok B1 ini sudah terpenuhi karena tulangan lentur terpasang minimum adalah 2D22, yang dipasang di sisi atas penampang.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.10.4.5 nilai sambungan lewatan kelas A untuk baja tulangan ulir adalah :

$$L_d = 48 db = 48 \times 22 \text{ mm} = 1056 \text{ mm}$$

Pada tulangan atas, bila harus di lap slices (sambung-lewatkan) satu sama lain minimum sepanjang :

untuk tulangan $D > 22 \text{ mm}$ (SNI 03-3847-2013 pasal 12.2.2), panjang penyaluran tulangan D25 adalah :

$$l_{d-25} = \frac{f_y \Psi_t \Psi_c}{1,7 \lambda \sqrt{f_c}} db = \frac{390 \cdot 1,3 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \sqrt{40}} 22 = 1038 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.5.2 panjang penyaluran untuk $b = 500 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$ tidak boleh kurang dari 3,25 dari nilai yang dipersyaratkan pada pasal 21.7.5.1.

$$3,25 \cdot l_{dh} = 3,25 \times 305,2 \text{ mm} = 991,9 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $L_d = 1.100 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.5.1 panjang penyaluran pada muka tumpuan ke kolom tidak kurang dari nilai berikut :

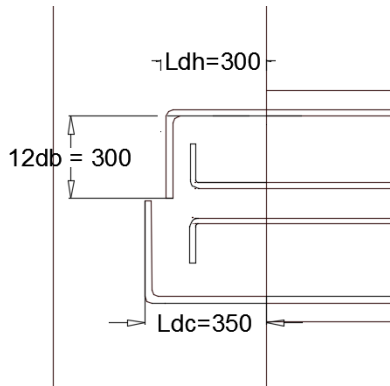
- $l_{dh} = \frac{f_y db}{5,4 \sqrt{f_c}} = \frac{390 \cdot 22}{5,4 \sqrt{40}} = 251 \text{ mm}$
- $8 db = 8 \times 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka diambil nilai $l_{dh} = 300 \text{ mm}$

Sedangkan untuk Panjang Penyaluran Tekan ke kolom diatur pada (SNI 2847-2013 pasal 12.3)

$$L_{dc} = \frac{0.24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} d b = \frac{0.24 \cdot 390}{1 \sqrt{40}} 22 = 325 \text{ mm}$$

Maka gunakan $L_{dc} = 350 \text{ mm}$ untuk memudahkan pemasangan



Gambar 7. 4 Panjang Penjangkaran ke kolom

Sedangkan jarak untuk tulangan geser/ hoops sepanjang panjang penyaluran tersebut diatur pada sni pasal 21.5.2.3 yang menyatakan bahwa baja tulangandisalurkan harus diikat hoops yang dipasang dengan spasi masimum, yaitu nilai yang terkecil diantara $d/4$ atau 100mm.

$$\frac{d}{4} = \frac{636}{4} = 159 \text{ mm}$$

Jadi, spasi hoops pada daerah penyaluran dipakai = 100mm.

7.3 Cut off point

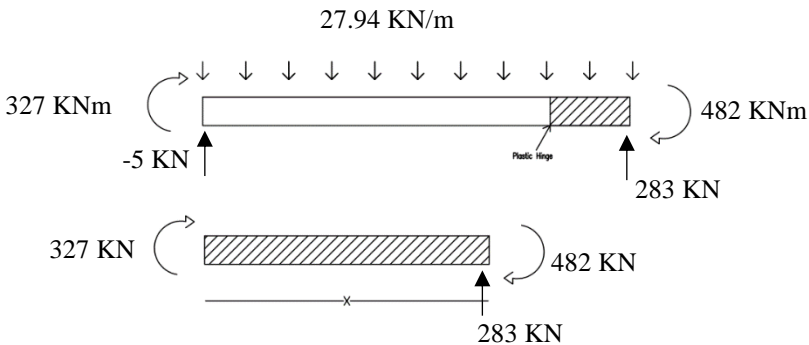
Karena jumlah tulangan tumpuan dan lapangan tidak sama, maka tulangan yang sudah tidak diperlukan boleh dipotong di titik-titik dimana tulangan sudah tidak diperlukan lagi. Berikut adalah perhitungan jarak cut off point.

Tulangan negatif tumpuan

Jumlah tulangan negatif di tumpuan balok adalah 6D22 sedangkan untuk tulangan atas di daerah lapangan adalah 2D22, maka akan ada 4 tulangan D22 yang akan dipotong atau dikurangi. Dimana kuat lentur rencana untuk daerah lapangan adalah :

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 1519 \cdot 390 \left(636 - \frac{44.1}{2} \right) = 327 \text{ kNm}$$

Perhatikan sketsa pada gambar di bawah



Gambar 7. 5 Sketsa Penentuan Jarak X

Dari gambar diatas maka nilai x didapat dari persamaan :

$$27.94 x \left(\frac{1}{2} x \right) - 283x + (482 - 327) = 0$$

$$14x^2 - 283x + 327 = 0$$

$$x = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{283 + \sqrt{(-283)^2 - 4 \cdot 14 \cdot 327}}{2 \cdot 14}$$

$$x_1 = 18.8 \text{ m}$$

$$x_2 = 1.25 \text{ m}$$

SNI beton Pasal 12.10.3 dan 12.10.4 mengharuskan :

- Tulangan harus menerus melampaui titik dimana tulangan tersebut tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur untuk jarak yang sama d atau **12db**, yang mana yang lebih besar, kecuali pada tumpuan bentang sederhana dan pada ujung bebas kantilever.
- Tulangan yang menerus harus mempunyai panjang penanaman tidak kurang dari **1d** melampaui titik dimana tulangan tarik yang dibengkokkan atau dihentikan tidak lagi diperlukan untuk menahan lentur.

Untuk tulangan D22 pada SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 panjang penyaluran D22 adalah:

$$l_d = \frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} d_b = \frac{390 \cdot 1.3 \cdot 1}{1.7 \cdot 1 \cdot \sqrt{40}} 22 = 993 \text{ mm}$$

SNI 2847-2013 pasal 12.12.3 mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan Tarik momen negative tumpuan harus ditanam melewati cut off point tidak kurang dari $d, 12d_b, L_n/16$.

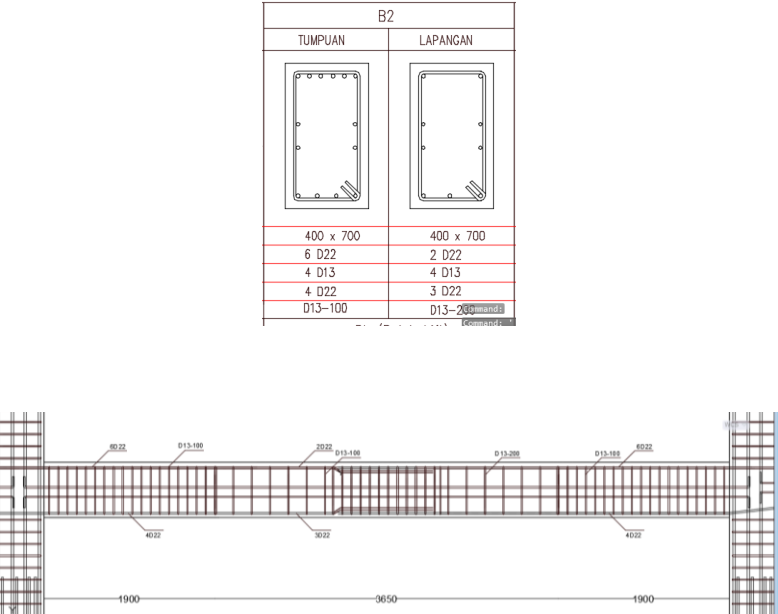
Jadi tulangan Tarik pada tumpuan harus dipasang sepanjang yang terbesar di antara:

- $1250 \text{ mm} + 646 \text{ mm} = 1896 \text{ mm}$
- $1250 \text{ mm} + (12 \times 22 \text{ mm}) = 1514 \text{ mm}$
- $l_d = 1000 \text{ mm}$
- $1250 \text{ mm} + L_n/16 = 1250 + 7450/16 = 1715 \text{ mm}$

Dari ke empat syarat diatas maka didapat tulangan Tarik tumpuan dipasang sejauh $1896\text{mm} \approx 1900\text{mm}$ dari muka kolom. Untuk mempermudah pemasangan , maka tulangan positif tumpuan juga akan dipotong sama dengan jarak tulangan negative tumpuan.

Hasil perhitungan diatas dirangkum sebagai berikut :

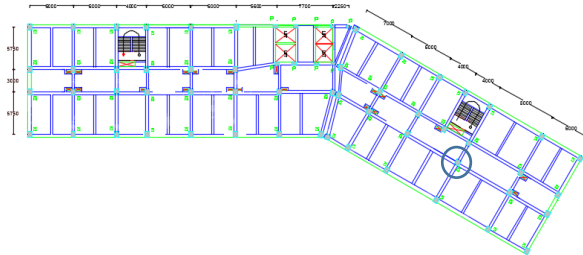
- Untuk memikul momen negatif di area tumpuan dipasang satu lapis 6D22, dan untuk memikul momen positif di muka kolom interior dipasang satu lapis 4D22.
- Untuk memikul momen positif di tengah bentang dipasang 2D22 satu lapis dan untuk momen negatif ditengah bentang dipasang satu lapis 3D22.
- Untuk memikul geser di masing-masing zona sendi plastis, dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13 dengan spasi 100 mm dari ujung tumpuan untuk sengkang pertama berjarak 50mm dari muka kolom sepanjang 1900 mm.
- Untuk memikul geser di luar zona sendi plastis, dipasang tulangan sengkang 2 kaki D13 dengan spasi 200 mm. Untuk daerah sambungan lewatan (ditengah bentang, bila harus) dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13 dengan spasi 100 mm
- Pada muka kolom area tumpuan tulangan 4D22 ditanamkan sejauh 2.200 mm dari muka kolom.



Gambar 7. 6 Gambar Desain Balok

7.4 Desain struktur kolom

Pada sub bab berikut ini diuraikan contoh perhitungan desain dan detailing struktur kolom. Kolom memegang peranan sebagai penyalur beban-beban dari balok dan plat menuju pondasi. Pada struktur yang dibahas pada tugas akhir kali ini terdapat dua jenis kolom yang berbeda tetapi untuk contoh perhitungan hanya dibahas satu jenis kolom saja.



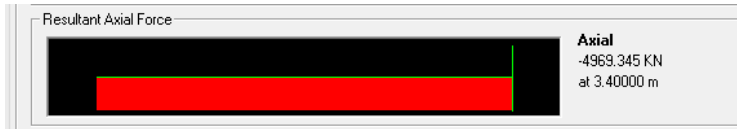
Gambar 7. 7 Kolom yang ditinjau

Data Desain Kolom:

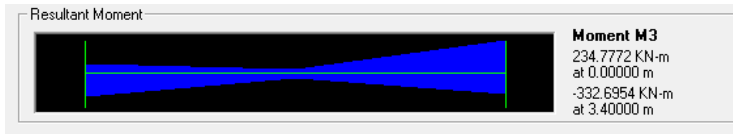
- Mutu beton f'_c = 40 Mpa
- Dimensi Balok = 550 x 650 mm
- Tinggi Kolom = 3400 mm
- Diameter tulangan lentur = 22mm
- Diameter tulangan geser = 16mm
- f_y lentur = 390Mpa
- f_y geser = 390Mpa

Berikut adalah hasil Analisa struktur kolom:

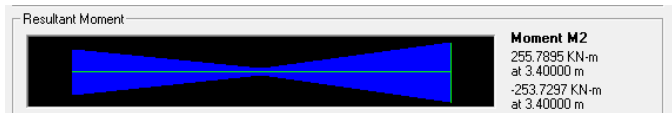
P_u Desain = 4969 KN



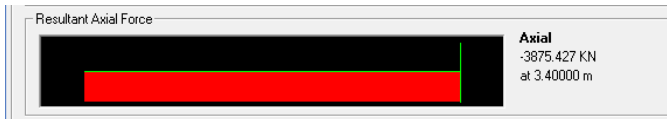
M3 Desain = 332 kNm



M2 Desain = 255 kNm



Pu Atas = 3875 kN



7.4.1 Kontrol lingkup rangka penangguh lentur dan aksial

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.1 persyaratan yang harus dipenuhi oleh kolom yang di desain:

1. Gaya aksial terfaktor minimum yang bekerja pada kolom harus lebih besar dari $A_g f'_c / 10$:

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{(500 \times 650) \times 40}{10} = 1300 \text{ kN}$$

Gaya aksial terfaktor maksimum = 4969 kN (OK)

2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm
Sisi terpendek kolom = 550 mm (OK)
3. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0.4
Rasio $b/h = 550/650 = 0.846$ (OK)

7.4.2 Estimasi Awal Konfigurasi Tulangan

Dari hasil gaya dalam, dimensi kolom yang digunakan adalah 550/650 mm maka estimasi awal digunakan tulangan 12D 22

Data tulangan kolom:

- Diameter = 22 mm
- Luas/bar = 379,94 mm²
- Jumlah = 12 mm
- As = 4559.3 mm²

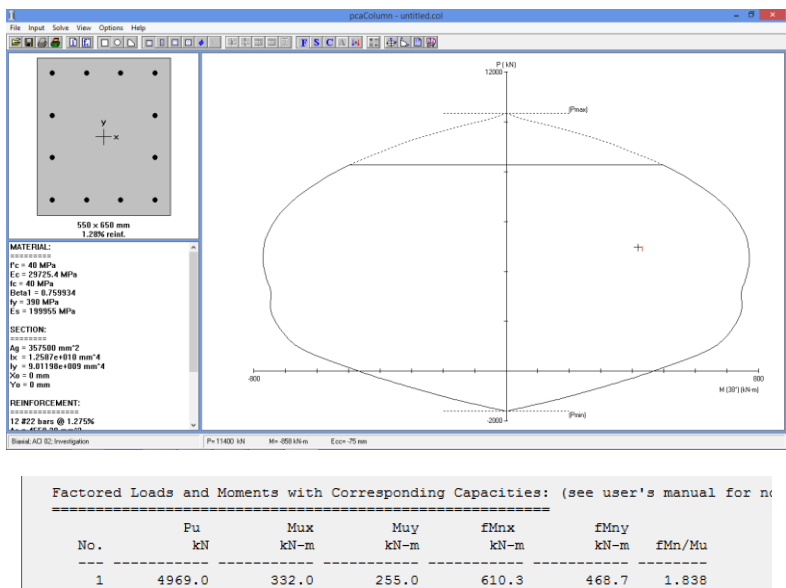
Rasio tuangan ρ dibatasi tidak boleh kurang dari 0.01 dan tidak boleh lebih dari 0.06.

$$\rho = \frac{4559.3 \text{ mm}^2}{550 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}} = 0.0128$$

$$0.01 < \rho < 0.06 \text{ (OK)}$$

Kuat Kolom Rencana

Dari semua data diatas maka dilakukan perhitungan kuat kolom rencana menggunakan program spcol dan didapatkan hasil seperti berikut :



Gambar 7. 8 Hasil Output Program PCACOL

7.4.3 Cek Syarat Strong Coloumn Weak Beam

Kuat kolom ϕM_n harus memenuhi $\Sigma M_c \geq 1.2 \Sigma M_g$ (SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2)

Dimana :

ΣM_c = jumlah M_n dua kolom yang bertemu di join

ΣM_g = jumlah M_n dua balok yang bertemu di join

Dalam perhitungan kolom ini untuk arah y balok yang di tinjau adalah balok :

- $M_{nb^- 400/700} = 482 \text{ kNm}$
- $M_{nb^+ 400/700} = 327 \text{ kNm}$

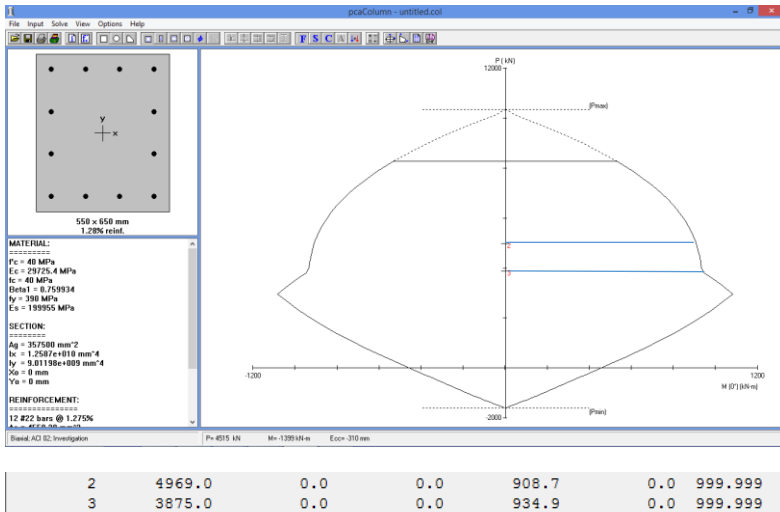
Dalam perhitungan kolom ini untuk arah x balok yang di tinjau adalah balok :

- $M_{nb}^+ 400/700 = 369 \text{ kNm}$
- $M_{nb}^- 350/650 = 112 \text{ kNm}$

$$\text{Jadi } 1.2 \Sigma M_g (\text{arah Y}) = 1.2 (482 + 327) = 970 \text{ kNm}$$

$$\text{Jadi } 1.2 \Sigma M_g (\text{arah X}) = 1.2 (112 + 369) = 577 \text{ kNm}$$

Peninjauan Arah X



Gambar 7. 9 Output PCACOL arah X

Dari hasil perhitungan dengan program bantu PCACOL didapat

Mnc kolom atas = 934.9 kNm

Mnc kolom bawah = 908.7 kNm

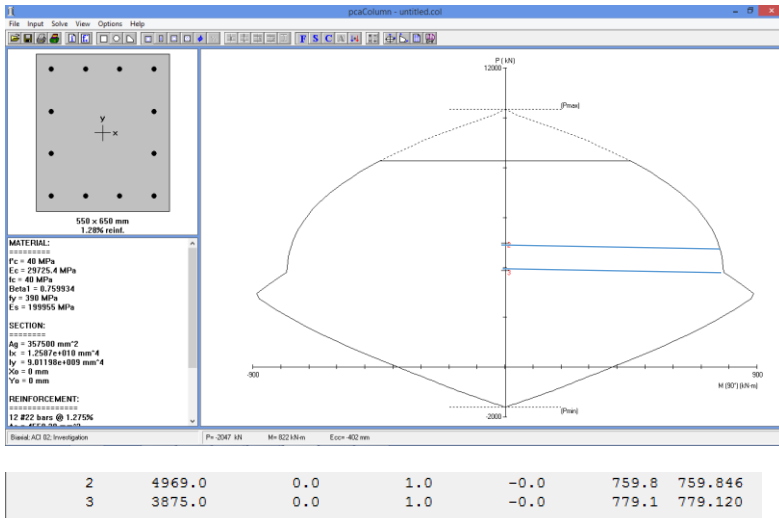
$$\sum M_{nc} = 934.9 + 908.7 = 1843.6 \text{ kNm}$$

Cek syarat strong coloumn weak beam:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{ng}$$

$$1843.6 \text{ kNm} > 577 \text{ kNm} \dots \text{ (OK)}$$

Peninjauan Arah Y



Gambar 7. 10 Output PCACOL arah y

Dari hasil perhitungan dengan program bantu PCACOL didapat

Mnc kolom atas = 759 kNm

Mnc kolom bawah = 779 kNm

$$\sum Mnc = 759 + 779 = 1538 \text{ kNm}$$

Cek syarat strong coloumn weak beam:

$$\sum Mnc > 1.2 \sum Mng$$

$$1538 \text{ kNm} > 970 \text{ kNm} \dots \text{(OK)}$$

7.4.4 Desain tulangan confinement

7.4.4.1 Tulangan confinement arah X

SNI pasal 21.6.4.4 menyebutkan bahwa total luas penampang hoops tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh} = \frac{0,09 s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang hoops)} \\ &= bw - 2 \left(40 + \frac{1}{2} d_b \right) \\ &= 550 - 2x \left(40 + \frac{1}{2} 13 \right) = 457 mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton (yang terkekang hoops)} \\ &= (650 - 2(40))x(550 - 2(40)) = 267900 mm^2 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\frac{A_{sh1}}{s} = 0,3 \left(\frac{b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh1}}{s} = 0,3 \left(\frac{457 \cdot 40}{390} \right) \left(\frac{357500}{267900} - 1 \right) = 4,7 mm^2/mm$$

dan

$$\frac{A_{sh2}}{s} = \frac{0,09 b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{sh2}}{s} = \frac{0.09 \ 457 \ 40}{390} = 4.2 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi di ambil nilai yang terbesar yaitu 4.7 mm²/mm

spasi maximum (SNI Pasal 21.6.4.3). Spasi maksimum diambil dari nilai yang terkecil antara :

- = ¼ dimensi penampang kolom terkecil
= ¼ x 550mm = 137.5 mm
- 6kali diameter tulangan longitudinal
= 22mm x 6 = 132 mm
- S₀ menurut persamaan :

$$100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

Dengan = spasi maksimum kaki-kaki pengikat silang = 118 mm

$$S_0 = 100 + \frac{350 - 118}{3} = 177.3 \text{ mm}$$

Maka didapat S maksimum adalah 132 mm, tetapi S tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100mm. maka dicoba menggunakan spasi 130 mm.

$$A_{sh} = 4.7 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 130 \text{ mm} = 611 \text{ mm}^2$$

Jadi gunakan D16 dengan 4 kaki dengan luas penampang = 803 mm² > 611 mm². (OK, kebutuhan A_{sh-min} terpenuhi)

Panjang Sendi Plastis (SNI Pasal 21.6.4.1)

Tulangan tersebut diperlukan sepanjang l₀ dari ujung ujung kolom, nilai l₀ dipilih yang terbesar antara :

- Tinggi elemen kolom di join = 650 mm

- $1/6$ tinggi bersih kolom = $1/6 \times 2700 = 450 \text{ mm}$
- 450 mm $= 450 \text{ mm}$

Dengan demikian, ambil $l_0 = 650 \text{ mm}$

SNI Pasal 21.6.4.5

Sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom dikurangi l_0) diberi hoops dengan jarak minimum sebesar 150 mm atau $6 \times$ diameter tulangan longitudinal = $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$ (130 mm).

Cek kuat geser tulangan daerah sendi plastis

V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top}DF_{top} + M_{pr-btm}DF_{btm}}{l_n}$$

Dimana :

- DF = factor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang di desain.

Karena kolom lantai atas dan bawah memiliki kekakuan yang sama maka

$$DF_{top} = DF_{btm} = 0.5$$

- M_{pr-top} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai atas
- M_{pr-btm} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai bawah

$$V_{sway} = \frac{(155 + 506) 0.5 + (155 + 506) 0.5}{2.7} = 244 \text{ kN}$$

Tapi, V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis yaitu = 166 kN, maka V_e yang digunakan adalah 356 kN.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.2 V_c dapat diambil = 0 apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$
356 kN > 83 kN.....(OK)
- $P_u < A_g f_c 0.1$
4969kN < 1430 kN (Not OK)

Karena salah satu syarat diatas tidak terpenuhi maka kita diperbolehkan memperhitungkan nilai kontribusi beton dalam menahan gaya geser. SNI persamaan (11-4) memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

Dimana :

N_u = gaya tekan aksial terkecil dari kombinasi pembebanan
 Λ = 1, untuk beton normal (SNI 2847-2013 pasal 8.6.1),
 N_u = 2431 kN (kombinasi 0.9D+1E)

maka

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2.43}{14 \cdot 0.55 \cdot 0.65} \right) \sqrt{40} \cdot 550 \cdot (650 - 67)$$

$$V_c = 511 \text{ kN}$$

Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c ?$$

$$\frac{244}{0.75} = 325 \text{ kN} > \frac{1}{2} \times 511 = 255.5 \text{ kN}$$

Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum :

$$\frac{Vu}{\phi} > Vc + \frac{1}{3} b_w d$$

$$\frac{244}{0.75} = 325 \text{ kN} < 511 + \frac{1}{3} 550 586 = 608 \text{ kN}$$

Maka cukup dipasang tulangan geser minimum sebesar :

$$A_{v-min} = \frac{1 b_w s}{3 f_y} = \frac{1 550 130}{3 390} = 72.27 \text{ mm}^2$$

Karena nilai A_s -min masih lebih kecil dari nilai A_s tulangan geser confinement yang akan dipasang, maka akan tetap dipasang tulangan confinement sebesar 4 kaki D16-130mm.

Untuk bentang di luar l_0

Untuk bentang diluar sendi plastis karena tidak ada Batasan untuk tulangan confinement minimum (A_{sh}) , jadi cukup gunakan tulangan D16 2 kaki dengan jarak maksimum yaitu 130 mm $A_s = 401.92 \text{ mm}^2$

7.4.4.2 Tulangan confinement arah Y

SNI pasal 21.6.4.4 menyebutkan bahwa total luas penampang hoops tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0.3 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh} = \frac{0.09 s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 bc &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang hoops)} \\
 &= bw - 2 \left(40 + \frac{1}{2} d_b \right) \\
 &= 550 - 2x \left(40 + \frac{1}{2} 13 \right) = 457mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton (yang terkekang hoops)} \\
 &= (650 - 2(40))x (550 - 2(40)) = 267900mm^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh1}}{s} &= 0,3 \left(\frac{b_c f'c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 \frac{A_{sh1}}{s} &= 0,3 \left(\frac{554 \ 40}{390} \right) \left(\frac{357500}{267900} - 1 \right) = 5.7 \text{ mm}^2/mm
 \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh2}}{s} &= \frac{0.09 \ b_c \ f'c}{f_{yt}} \\
 \frac{A_{sh2}}{s} &= \frac{0.09 \ 554 \ 40}{390} = 5.1 \text{ mm}^2/mm
 \end{aligned}$$

Jadi di ambil nilai yang terbesar yaitu 5.7 mm²/mm

spasi maximum (SNI Pasal 21.6.4.3). Spasi maksimum diambil dari nilai yang terkecil antara :

- = ¼ dimensi penampang kolom terkecil
= ¼ x 550mm = 137.5 mm
- 6kali diameter tulangan longitudinal
= 22mm x 6 = 132 mm
- S₀ menurut persamaan :

$$100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

Dengan =spasi maksimum kaki-kaki pengikat silang = 118 mm

$$S_0 = 100 + \frac{350 - 118}{3} = 177.3 \text{ mm}$$

Maka didapat S maksimum adalah 132 mm, tetapi S tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100mm. maka dicoba menggunakan spasi 130 mm.

$$A_{sh} = 5.7 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 130 \text{ mm} = 741 \text{ mm}^2$$

Jadi gunakan D16 dengan 4 kaki dengan luas penampang = 803 mm² > 741 mm². (OK, kebutuhan A_{sh-min} terpenuhi)

Jadi gunakan D16 dengan 4 kaki jadi total luas penampang = 803.84 mm² > 741 mm². (OK, kebutuhan A_{sh-min} terpenuhi)

Panjang Sendi Plastis (SNI Pasal 21.6.4.1)

Tulangan tersebut diperlukan sepanjang l_0 dari ujung ujung kolom, nilai l_0 dipilih yang terbesar antara :

- Tinggi elemen kolom di join = 650 mm
- 1/6 tinggi bersih kolom = 1/6 x 2700 = 450 mm
- 450 mm = 450 mm

Dengan demikian, ambil l_0 = 650 mm

SNI Pasal 21.6.4.5

Sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom dikurangi l_0) diberi hoops dengan jarak minimum sebesar 150 mm atau 6 x diameter tulangan longitudinal = 6 x 22 = 132 mm (130 mm).

Cek kuat geser tulangan daerah sendi plastis

Ve tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top}DF_{top} + M_{pr-btm}DF_{btm}}{ln}$$

Dimana :

- DF = factor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang di desain.

Karena kolom lantai atas dan bawah memiliki kekakuan yang sama maka

$$DF_{top} = DF_{btm} = 0.5$$

- M_{pr-top} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai atas
- M_{pr-btm} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai bawah

$$V_{sway} = \frac{(661 + 451) 0.5 + (661 + 451) 0.5}{2.7} = 411 \text{ kN}$$

Tapi, V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis yaitu = 166 kN, maka V_e yang digunakan adalah 356 kN.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.2 V_c dapat diambil = 0 apabila:

- $V_e > \frac{1}{2} V_u$
356 kN > 83 kN.....(OK)
- $P_u < A_g f_c 0.1$
4969kN < 1430 kN (Not OK)

Karena salah satu syarat diatas tidak terpenuhi maka kita diperbolehkan memperhitungkan nilai kontribusi beton dalam

menahan gaya geser. SNI persamaan (11-4) memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

Dimana :

N_u = gaya tekan aksial terkecil dari kombinasi pembebanan

Λ = 1, untuk beton normal (SNI 2847-2013 pasal 8.6.1),

N_u = 2431 kN (kombinasi 0.9D+1E)

maka

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2.43}{14 \cdot 0.55 \cdot 0.65} \right) \sqrt{40} \cdot 550 \cdot (650 - 67)$$

$$V_c = 511 \text{ kN}$$

Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c ?$$

$$\frac{411}{0.75} = 548 \text{ kN} < \frac{1}{2} \times 511 = 255.5 \text{ kN}$$

Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum :

$$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} b_w d$$

$$\frac{411}{0.75} = 548 \text{ kN} < 511 + \frac{1}{3} \cdot 550 \cdot 586 = 608 \text{ kN}$$

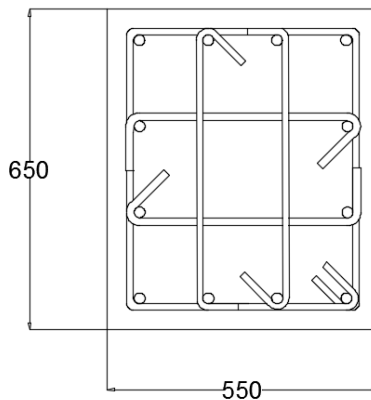
Maka cukup dipasang tulangan geser minimum sebesar :

$$A_{v-min} = \frac{1}{3} \frac{b w s}{f_y} = \frac{1}{3} \frac{550 \cdot 130}{390} = 72.27 \text{ mm}^2$$

Karena nilai A_{s-min} masih lebih kecil dari nilai A_s tulangan geser confinement yang akan dipasang, maka akan tetap dipasang tulangan confinement sebesar 4 kaki D16-130mm.

Untuk bentang di luar l_0

Untuk bentang diluar sendi plastis karena tidak ada Batasan untuk tulangan confinement minimum, jadi cukup gunakan $A_{v-min} = 72.27 \text{ mm}^2$. Pasang tulangan D16 2 kaki dengan jarak maksimum yaitu 130 mm $A_s = 401.92 \text{ mm}^2$



Gambar 7. 11 Desain akhir kolom

7.4.5 Lap splices

SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.3 menyebutkan bahwa lap slices hanya boleh dipasang pada setengah pusat panjang struktur (di tengah tinggi kolom) dan harus di ikat dengan tulangan sengkang yang sesuai dengan SNI pasal 21.6.4.3 yaitu 130 mm.

SNI Pasal 12.17.2.2 digunakan lap splice kelas b jika semua tulangan disalurkan di lokasi yang sama. Panjang lewatan kelas B = $1.3l_d$.

Untuk Baja tulangan dengan diameter 22 panjang l_d (SNI 2843-2017 Pasal 12.2.2) :

$$l_{d-22} = \frac{f_y \Psi_t \Psi_c}{1.7 \lambda \sqrt{f_c}} d_b = \frac{390 \cdot 1.3 \cdot 1}{1.7 \cdot 1 \sqrt{40}} 22 = 1038 \text{ mm}$$

SNI Pasal 12.17.2.4 memperbolehkan panjang lap splice direduksi sepbesar 0.83, jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang lebih besar $0.0015 h \times s$.

Untuk $s = 130 \text{ mm}$, Area efektif = $0.0015 \times 650 \text{ mm} \times 130 \text{ mm} = 126.75 \text{ mm}^2$. Sedangkan Area hoops yang digunakan D16 dengan 4 kaki = 804 mm^2 .

Maka dengan demikian panjang lap splice yang digunakan adalah $= 0.83 \times 1.3 \times 1038 = 1120 \text{ mm}$, untuk kemudahan pemasangan maka di pasang sepanjang $1200 \text{ mm} = 120 \text{ cm}$.

7.4.6 Desain Hubungan Balok Kolom.

7.4.6.1 Cek syarat panjang joint (SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.3)

Dimensi kolom yang sejajar dengan balok tidak boleh kurang dari 20 kali tulangan longitudinal terbesar

$$b = 20 \times 22 = 440 < 550 \text{ mm (OK)}$$

7.4.6.2 Luas efektif hubungan balok kolom (SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.4.1)

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$x = (650 - 400)/2 = 75 \text{ mm}$$

Tinggi joint efektif = tinggi kolom = 650 mm

Lebar joint efektif adalah nilai terkecil dari :

$$b + h = 400 \text{ mm} + 650 \text{ mm} = 1050 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 \text{ mm} + 150 \text{ mm} = 550 \text{ mm}$$

$$A_j = \text{luas efektif HKB} = 550 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} = 357500 \text{ mm}^2$$

7.4.6.3 Penulangan Confinement (SNI Pasal 21.7.3.2)

SNI Pasal 21.7.3.2 menyatakan untuk joint interior, jumlah tulangan confinement yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan confinement di ujung-ujung kolom, maka diperoleh:

$$0.5 A_{sh}/S = 0.5 \times 5.7 \text{ mm}^2 / \text{mm} = 2.85 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Spasi vertical hoop diizinkan untuk diperbesar hingga 150mm.. dicoba dipasang 2 hoop dengan jarak 130 mm.

$$A_{sh} = 2.85 \times 130 = 370 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan D16 2 kaki dengan $A_{sh} = 402 \text{ mm}^2 > 370 \text{ mm}^2$ (OK)

7.4.6.4 Perhitungan Geser di Joint, dan Cek kuat geser

Balok yang memasuki joint memiliki probable moment sebesar = 661 kNm dan 451 kNm. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama sehingga $DF = 0.5$ untuk setiap kolom. Sehingga

$$M_e = 0.5 \times (661 + 451) \text{ kNm} = 556 \text{ kNm}$$

Geser pada kolom atas :

$$V_{\text{sway}} = (556 + 556) / 2.7 = 411 \text{ kN.}$$

Di bagian atas balok baja tulangan yang dipakai adalah 6 D22 As = 2279 mm².

Gaya Tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri adalah :

$$T_1 = 1.25 A_s f_y = 1.25 \times 2279 \times 390 = 1111 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah

$$C_1 = T_1 = 1111 \text{ kN}$$

Gaya Tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan adalah :

$$T_2 = 1.25 A_s f_y = 1.25 \times 2279 \times 390 = 1111 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan adalah

$$C_2 = T_2 = 1111 \text{ kN}$$

Maka nilai V_u :

$$V_u = V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_u = 411 - 1111 - 1111 = 1811 \text{ kN}$$

SNI pasal 21.7.4.1 menyebutkan kuat geser nominal join yang dikekang pada keempat sisinya adalah :

$$V_n = 1.7 \sqrt{f'_c} A_j$$

$$V_n = 1.7 \sqrt{40} 357500 = 3843 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 3843 = 2882 \text{ kN}$$

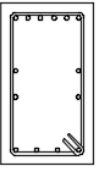
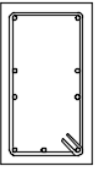
$$\phi V_n = 2882 \text{ kN} > V_u = 1811 \text{ kN (OK)}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VIII

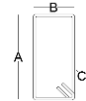
RENCANA ANGGARAN BIAYA

8.1 Perhitungan volume balok

| TYPE | B2 | |
|-----------------|---|---|
| | TUMPUAN | LAPANGAN |
| Lantai 1 - atap |  |  |
| B X H | 400 x 700 | 400 x 700 |
| TUL. ATAS | 6 D22 | 2 D22 |
| TUL. SISI | 4 D13 | 4 D13 |
| TUL. BAWAH | 4 D22 | 3 D22 |
| SENGKANG | D13-100 | D13-200 |


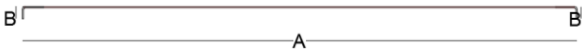
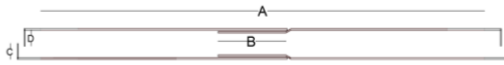
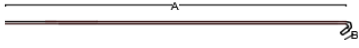
Balok yang akan ditinjau adalah balok B2 dengan data seperti diatas dan bentang sepanjang 8m:

| Panjang Bersih Balok | Panjang As-As balok | Panjang Sendi Plastis | Panjang Lapangan | b | h | tebal selimut | volume balok |
|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----|-----|---------------|--------------|
| Mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | m3 |
| 7450 | 8000 | 1900 | 1550 | 400 | 700 | 40 | 2.086 |

| Volume Besi | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------------|------------------|--------|--------|------------|-----------------|-----------|---------------------|
| Sengkang | | | | | | | | | |
| <div></div> | | | | | | | | | |
| Model Penulangan | Diameter (mm) | Luas Tulangan (mm2) | Panjang tulangan | | | Total (mm) | BJ Besi (kg/m3) | volume m3 | Berat / Sengkang kg |
| | | | A (mm) | B (mm) | C (mm) | | | | |
| Tipe 1 | 13 | 132.67 | 607 | 307 | 80 | 1988 | 7850 | 0.00026 | 2.07 |
| TOTAL | | | | | | | | | 2.07 |

| Panjang Bersih (mm) | Panjang Bentang | | | Jarak Sengkang | | | Jumlah sengkang | | |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----|------------|
| | Tumpuan (mm) | Lapangan (mm) | lap splice (mm) | Tumpuan (mm) | Lapangan (mm) | lap splice (mm) | tum | lap | Lap splice |
| 7450 | 1900 | 3650 | 1100 | 100 | 200 | 100 | 36 | 13 | 11 |

| berat 1 sengkang | Jumlah sengkang | | | total sengkang | berat total sengkang |
|------------------|-----------------|-----|------------|----------------|----------------------|
| | tum | lap | Lap splice | | |
| 2.07 | 36 | 13 | 11 | 60 | 124.2206 |

| tulangan longitudinal | | | | | | |
|---|---|------------------|------|---|---|---------|
|  | | | | | | |
| tulangan torsi Tipe 1 |  | | | | | |
| tulangan menerus Tipe 2 |  | | | | | |
| tulangan tumpuan tdk menerus Tipe 3 |  | | | | | |
| model tulangan | jumlah tulangan | panjang tulangan | | | | Total |
| | | A | B | C | D | Panjang |
| Tipe 1 | 4 | 7450 | 800 | - | - | 33000 |
| Tipe 2 | 5 | 1100 | 8000 | 0 | 0 | 45500 |
| Tipe 3 | 10 | 2175 | 140 | - | - | 23150 |

| Panjang (mm) | d tul (mm) | A tul (mm ²) | Volume tulangan (mm ³) | Bj Besi (kg/m ³) | Berat tulangan kg |
|--------------|------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| 68650 | 22 | 379.94 | 26082881 | 7850 | 204.7506159 |
| 33000 | 13 | 132.665 | 4377945 | 7850 | 34.36686825 |
| TOTAL | | | | | 239.1174841 |



| Rekap tulangan Balok B2 | | | |
|-------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|
| BAJA | berat baja kg | volume btn m ³ | Ratio kg/m ³ |
| tulangan sengkang | 124.2206074 | 2.086 | 59.54966799 |
| tulangan longitudinal | 204.7506159 | 2.086 | 98.15465765 |
| tulangan torsi | 34.36686825 | 2.086 | 16.47500875 |
| TOTAL | 363.3380915 | 2.086 | 174.1793344 |

| bekisting | | | | |
|----------------|-------------|-----|-----|-----------|
| Panjang Bersih | tebal pelat | b | h | Luas |
| balok | | | | Bekisting |
| mm | mm | mm | mm | m2 |
| 7450 | 120 | 400 | 700 | 11.622 |


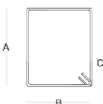

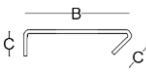
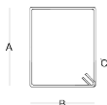
| perancah | | |
|----------------|-----|-----------|
| Panjang Bersih | b | kebutuhan |
| balok | | perancah |
| mm | mm | m2 |
| 7450 | 400 | 2.98 |

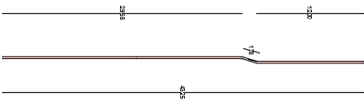
| rekap volume balok B1 | |
|-----------------------|-------------|
| pekerjaan | volume |
| beton | 2.086 |
| besi | 363.3380915 |
| bekisting | 11.622 |
| perancah | 2.98 |

8.2 Perhitungan volume kolom

| TYPE | K1 | |
|-------------|---|---|
| | TUMPUAN | LAPANGAN |
| K1 |  |  |
| B X H | 550 x 650 | 550 x 650 |
| TUL. LENTUR | 12 D22 | 12 D22 |
| SENGKANG | 4D16-130 | 2D16-130 |

| Panjang Bersih kolom | Panjang As-As kolom | Panjang sendi Plastik | Panjang Lapangan | b | h | tebal selimut | volume kotor kolom |
|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----|-----|---------------|--------------------|
| mm | mm | mm | mm | mm | mm | mm | m3 |
| 2750 | 3400 | 650 | 1450 | 550 | 650 | 40 | 1.2155 |

| Volume Besi | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------|-------------------------------------|---|---------------|---------------------------------------|---|-------------|---------------------|
| Senggang Tumpuan | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| tulangan luar (Tipe 1) |  | | tulangan pengikat vertikal (tipe 2) |  | | tulangan pengikat horizontal (Tipe 3) |  | | |
| Model Penulangan | Diameter (mm) | Luas Tulangan (mm2) | Panjang tulangan | | | Total (mm) | BJ Besi (kg/m3) | volume m3 | Berat / Senggang kg |
| | | | A (mm) | B (mm) | C (mm) | | | | |
| Tipe 1 | 16 | 200.96 | 2 x 554 | 2 x 454 | 2 x 100 | 2216 | 7850 | 0.000445327 | 3.495819776 |
| Tipe 2 | 16 | 200.96 | 2x554 | - | 4 x 100 | 1508 | 7850 | 0.000303048 | 2.378924288 |
| Tipe 3 | 16 | 200.96 | - | 2x 454 | 4 x 100 | 1308 | 7850 | 0.000262856 | 2.063417088 |
| TOTAL | | | | | | 5032 | 23550 | 0.001011231 | 7.938161152 |
| Senggang Lapangan | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| Model Penulangan | Diameter (mm) | Luas Tulangan (mm2) | Panjang tulangan | | | Total (mm) | BJ Besi (kg/m3) | volume m3 | Berat / Senggang kg |
| | | | A (mm) | B (mm) | C (mm) | | | | |
| Tipe 1 | 16 | 200.96 | 2 x 554 | 2 x 454 | 2 x 100 | 2216 | 7850 | 0.000445327 | 3.495819776 |
| TOTAL | | | | | | | | | 3.495819776 |
| Panjang Total (mm) | Panjang Bentang | | | Jarak Senggang | | | Jumlah senggang | | |
| | Tumpuan (mm) | Lapangan (mm) | HBK (mm) | Tumpuan (mm) | Lapangan (mm) | HBK (mm) | Tumpuan | Lapangan | HBK |
| 3400 | 650 | 1550 | 550 | 100 | 100 | 100 | 12 | 16 | 5 |
| Berat 1 Senggang (kg) | | | | | | | 7.938161152 | 3.495819776 | 3.495819776 |
| Berat Total | | | | | | | 95.25793382 | 55.93311642 | 17.47909888 |
| Berat Senggang / Kolom | | | | | | | 168.6701491 | | |

| tulangan longitudinal | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------|-------------|-----------------------|-----------------|-------------------|------------------|
|  | | | | | | | |
| jumlah tulangan 1 kolom | panjang tulangan (mm) | d tul (mm) | A tul (mm2) | Volume 1 batang (mm3) | BJ Besi (kg/m3) | Berat 1 batang kg | Berat 1 kolom kg |
| 12 | 4335 | 22 | 379.94 | 1647039.9 | 7850 | 12.92926322 | 155.1511586 |

| Rekap baja Kolom K 1 | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| BAJA | berat kg | volume m3 | Ratio kg/m3 |
| tulangan sengkang | 168.6701491 | 0.021486643 | 138.766063 |
| tulangan longitudinal | 155.1511586 | 0.019764479 | 127.643898 |
| Total tulangan | 323.8213077 | 0.041251122 | 266.409961 |

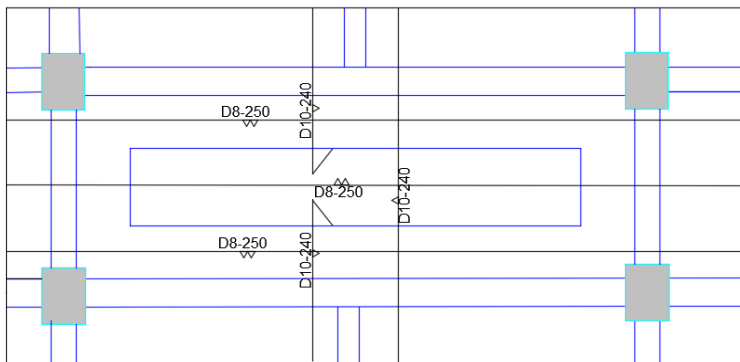
| bekisting | | | |
|----------------------|-----|-----|----------------|
| Panjang Bersih Kolom | b | h | Luas Bekisting |
| mm | mm | mm | m2 |
| 3400 | 550 | 650 | 8.16 |

| perancah | | | |
|---------------|-----|-----|----------------|
| Panjang Kolom | b | h | Luas Bekisting |
| mm | mm | mm | m2 |
| 3400 | 550 | 650 | 8.16 |

| rekap volume kolom B1 | |
|-----------------------|--------|
| pekerjaan | volume |

| | |
|-----------|-------------|
| beton | 1.2155 |
| besi | 323.8213077 |
| bekisting | 8.16 |
| perancah | 8.16 |

8.3 Perhitungan volume plat



| P Bersih Pelat | L Bersih Pelat | P As-As Pelat | L As-As Pelat | t | D Tul utama | D tul Pembagi | Jarak Tulangan utama | | Jarak Tulangan Pembagi | |
|----------------|----------------|---------------|---------------|------|-------------|---------------|----------------------|----------|------------------------|----------|
| (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan |
| 7700 | 2600 | 8000 | 3000 | 120 | 10 | 8 | 200 | 200 | 250 | 250 |

Model Penulangan

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|------|----|------------|------------------|-------------|-----------------|--------------|------------|----------------|--|
| Tulangan Utama (Tipe 1) | | | | | | | | | | | |
| | Panjang Tulangan | | | Total (mm) | A tulangan (mm2) | Volume (m3) | Jumlah tulangan | Volume Total | Berat kg | Total Berat kg | |
| tul utama | 2x800 | 3000 | 75 | 4750 | 78.5 | 0.000373 | 39 | 0.014542125 | 2.92706875 | 114.1556813 | |
| tul pembagi | | 8000 | | 8000 | 50.24 | 0.000402 | 19 | 0.00763648 | 3.155072 | 59.946368 | |

| Rekap tulangan Pelat | | | |
|----------------------|-------------|-------------------|----------------|
| BAJA | berat kg | volume baja m3 | ratio kg/m3 |
| tulangan utama | 114.1556813 | 0.014542125 | 47.5173498 |
| tulangan pembagi | 59.946368 | 0.00763648 | 24.9527006 |
| TOTAL | 174.1020493 | 0.022178605 | 72.4700505 |

| bekisting | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| P Bersih Pelat | L Bersih Pelat | Luas Bekisting |
| (mm) | (mm) | m2 |
| 7700 | 2600 | 20.02 |

| perancah | | |
|-------------------|-------------------|------------------|
| P Bersih Pelat | L Bersih Pelat | Luas perancah |
| (mm) | (mm) | m2 |
| 7700 | 2600 | 20.02 |

| rekap volume plat | |
|-------------------|-------------|
| pekerjaan | volume |
| beton | 2.4024 |
| besi | 174.1020493 |
| bekisting | 20.02 |
| perancah | 20.02 |

BAB IX KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Karena Gedung Venetiam memiliki KDS(Kategori desain seismik D) maka gedung tersebut tidak boleh didesain menggunakan SRPMM atau SRPMB, sehingga menggunakan SRPMK.
- b. Gedung Venetian tidak memerlukan dinding geser
- c. Gedung di dilatasi menjadi 2 bagian
- d. Rencana anggaran biaya untuk lt 2 didapat sebesar Rp. 1.985.340.531
- e. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung Venetian dengan metode SRPMK . diperoleh hasil sebagai berikut :

- **Komponen Pelat**

Pada pelat lantai menggunakan beton dengan ketebelan 120 mm.
Adapun detail penulangannya sebagai berikut.

| JENIS PLAT | P bersih plat | L bersih plat | P kotor plat | L kotor plat | tebal | tul utama | | tul pembagi | |
|---------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------|----------|-------------|----------|
| | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan |
| 1 ARAH | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| 1 | 7650 | 2600 | 8000 | 3000 | 120 | D10-200 | D10-200 | D8-250 | D8-250 |
| 2 | 3650 | 2650 | 4000 | 3000 | 120 | D10-200 | D10-200 | D8-250 | D8-250 |
| 3 | 5650 | 2650 | 6000 | 3000 | 120 | D10-200 | D10-200 | D8-250 | D8-250 |
| 4 | 5400 | 2650 | 5750 | 3000 | 120 | D10-200 | D10-200 | D8-250 | D8-250 |

Tabel 9. 1 Plat 1 arah

| JENIS | P bersih | L bersih | P kotor | L kotor | tebal | ARAH X | | ARAH Y | |
|--------|----------|----------|---------|---------|-------|---------|----------|---------|----------|
| PLAT | plat | plat | plat | plat | | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan |
| 2 ARAH | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| 6 | 5650 | 3450 | 6000 | 3800 | 120 | 100 | 200 | 100 | 200 |
| 7 | 7450 | 3450 | 7800 | 3800 | 120 | 100 | 200 | 100 | 200 |
| 8 | 5300 | 4300 | 5750 | 4650 | 120 | 100 | 200 | 150 | 200 |
| 9 | 5350 | 3700 | 5750 | 4000 | 120 | 100 | 200 | 150 | 200 |

Tabel 9. 2 Plat 2 arah

• Komponen Balok

| TIPE Balok | L as-as | H | B | L | Jumlah Tulangan Lentur | | | tulangan sengkang | | Tulangan |
|------------|---------|-----|-----|------|------------------------|--------------|---------------|-------------------|----------|----------|
| | mm | mm | mm | mm | Tump. Kanan | Lap. | Tump. Kiri | tumpuan | lapangan | Torsi |
| B1 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |
| B2 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |
| B3 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |
| BA | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | D13-100 | D13-200 | 2D13 |
| BL | 2750 | 400 | 300 | 2400 | 2D19 2D19 | 2D19 2D19 | 2D19 2D19 | D10-100 | D10-150 | 0 |
| B bordes | 4000 | 400 | 300 | 2400 | 3D19 2D19 | 2D19 2D19 | 3D19 2D19 | D10-100 | D10-150 | 2D13 |
| S1 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 3D22 3D22 | 2D22 3D22 | 3D22 3D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |
| S2 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 3D22 3D22 | 2D22 3D22 | 3D22 3D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |
| S3 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 3D22 2D22 | 2D22 2D22 | 3D22 2D22 | D13-100 | D13-200 | 4D13 |

Tabel 9. 3 Daftar Balok

- **Komponen Kolom**

| Type Kolom | H | B | L | Tul longitudinal | Jarak antar sengkang | | |
|------------|-----|-----|------|------------------|----------------------|-----|-----|
| | mm | mm | mm | | Lap | tum | HBK |
| K1 | 650 | 550 | 3400 | 12D22 | 130 | 130 | 130 |
| K2 | 600 | 500 | 3400 | 12D22 | 120 | 120 | 120 |

Tabel 9. 4 Daftar kolom

| Jenis Pekerja | ITEM PEKERJAAN | VOLUME | SATUAN | harga (Rp) | TOTAL (Rp) |
|---------------|----------------|----------|--------|-------------|-----------------|
| Kolom | | | | | |
| | BETON | 69.54 | m3 | Rp1,171,120 | Rp81,437,928 |
| | BEKISTING | 490.00 | m2 | Rp383,646 | Rp187,986,540 |
| | TULANGAN | 18129.92 | kg | Rp15,291 | Rp277,224,539 |
| | PERANCAH | 490 | m2 | Rp122,436 | Rp59,993,640 |
| Balok | | | | | |
| | BETON | 118.50 | m3 | Rp1,171,120 | Rp138,778,598 |
| | BEKISTING | 690.27 | m2 | Rp397,781 | Rp274,577,285 |
| | TULANGAN | 23399.88 | kg | Rp15,291 | Rp357,807,597 |
| | PERANCAH | 166.6925 | m2 | Rp126,310 | Rp21,054,930 |
| Plat Lantai | | | | | |
| | BETON | 94.25 | m3 | Rp1,171,120 | Rp110,382,042 |
| | BEKISTING | 814.00 | m2 | Rp383,646 | Rp312,287,844 |
| | TULANGAN | 7884.17 | kg | Rp15,291 | Rp120,556,853 |
| | PERANCAH | 814 | m2 | Rp157,290 | Rp128,034,060 |
| | | | | | Rp1,942,087,796 |

Tabel 9. 5 Rencana anggaran biaya lantai 2

Saran

Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini ada beberapa saran yang disampaikan antara lain :

1. Tingkatkan kerjasama dengan orang lain dalam perencanaan struktur.
2. Pahami lebih lanjut tentang peraturan-peraturan yang ada.

3. Perlu penelitian lebih lanjut perihal pemisahan struktur (dilatasi) pada bangunan gedung.

Dalam mendesain sebuah struktur hendaknya memperhatikan segi ratio tulangan besi dan beton, sehingga kita dapat merencanakan struktur yang bekerja sebaik mungkin tetapi dengan biaya yang tidak terlalu mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 : 2013).
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).
- Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung : ITB.
- Rachmat Purwono. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya. ITS Press.
- ACI. 2008. Building Code Requirement For Structural Concrete And Commentary - ACI 318-08. USA.*

Lampiran

REKAP BALOK MEMANJANG

| | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------------|--------|---|---------------------------------------|----------|-------|
| A | = | Panjang Penjangkaran ke kolom (tarik) | Tipe 1 | = | Tulangan Torsi | fy | 400 |
| B | = | Panjang Penjangkaran ke kolom (tekan) | Tipe 2 | = | Tulangan Lentur Atas menerus | fc | 40 |
| C | = | Lap splice | Tipe 3 | = | Tulangan Lentur atas putus (tumpuan) | D Lentu | 22 |
| D | = | Panjang penjangkaran torsi | Tipe 4 | = | Tulangan Lentur bawah menerus | As lentu | 379.9 |
| E | = | cutoff point | Tipe 5 | = | Tulangan Lentur bawah putus (tumpuan) | | |

| Meintang | mm | mm | mm | mm | Tump. Kanan | Lap. | Tump. Kiri | mm | mm2 | mm | mm2 | A | B | B | C | D | Lap. | Tump. | Lap Splice | Lap. | Tump. | Lap Splice | Tipe 1 | Tipe 2 | Tipe 3 | Tipe 4 | Tipe 5 | m3 | kg | m3 | kg/m3 |
|-------------|------|-----|-----|------|----------------|--------------|---------------|----|--------|----|-------|-----|-----|------|-----|------|------|-------|---------------|------|-------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| As 1/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 1/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 1/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As1-2/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As1-2/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 2/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 2/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 2/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As2-3/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As2-3/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 3/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 3/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 3/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 4/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 4/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 4/ C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As4-5/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As4-5/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 5/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 5/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 5/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As5-6/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As5-6/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 6/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 6/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 6/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As6-7/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As6-7/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 7/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 7/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 3 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0193 | 151.60911 | 0.5513 | 275.03 |
| As 7/C-D | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 12 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0254 | 199.77691 | 1.0351 | 193.00 |
| As 7/C-D(1) | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 12 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0254 | 199.77691 | 1.0351 | 193.00 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|-----|-----|------|--------------|--------------|--------------|----|--------|----|-------|-----|-----|------|-----|------|----|----|----|------|------|------|---|---|---|---|---|--------|-----------|--------|-------------|
| As 7/C-D(2) | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 12 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0254 | 199.77691 | 1.0351 | 193.00 |
| As7-8A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 8/A-B | 5900 | 650 | 350 | 5275 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0277 | 217.33623 | 1.2001 | 181.10 |
| As 8/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 3 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0193 | 151.60911 | 0.5513 | 275.03 |
| As 8/C-D | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 12 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0254 | 199.77691 | 1.0351 | 193.00 |
| As 8/C-D (1) | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 9/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 9/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 3 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0193 | 151.60911 | 0.5513 | 275.03 |
| As 9/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As910/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 10/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 10/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 10/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 11/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 11/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 11/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As11-12/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As11-12/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 12/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As12-13/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 13/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 13/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 13/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As13-14/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As13-14/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 14/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 14/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 14/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As14-15/A-B | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As14-15/C-D | 5750 | 450 | 300 | 5125 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 2D22 2D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 24 | 0 | 1288 | 1288 | 1288 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0166 | 130.60035 | 0.6919 | 188.76 |
| As 15/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| As 15/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1325 | 1 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0173 | 135.62994 | 0.4113 | 329.80 |
| As 15/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0271 | 212.61116 | 1.1659 | 182.35 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11185.11 | 56.14 | 199.2217986 |

REKAP BALOK MEMANJANG

| | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------------|--------|---|---------------------------------------|----------|-------|
| A | = | Panjang Penjangkaran ke kolom (tarik) | Tipe 1 | = | Tulangan Torsi | fy | 400 |
| B | = | Panjang Penjangkaran ke kolom (tekan) | Tipe 2 | = | Tulangan Lentur Atas menerus | fc | 40 |
| C | = | Lap splice | Tipe 3 | = | Tulangan Lentur atas putus (tumpuan) | D Lentu | 22 |
| D | = | Panjang penjangkaran torsi | Tipe 4 | = | Tulangan Lentur bawah menerus | As lentu | 379.9 |
| E | = | cutoff point | Tipe 5 | = | Tulangan Lentur bawah putus (tumpuan) | | |

| Posisi Balok | L as-as | H | B | L | Jumlah Tulangan Lentur | | | D. Tor | As. Tor | D. Tul | As. Geser | Panjang Penulangan | | | | | Jumlah Tulangan Geser | | | Panjang tul geser | | | Jumlah Tipe Tulangan | | | | | Vol. Tulangan | Berat Tulangan | Vol. Beton | Berat Tul/m3 Beton |
|--------------|---------|-----|-----|------|------------------------|-----------|------------|--------|---------|--------|-----------|--------------------|-----|------|-----|------|-----------------------|-------|------------|-------------------|-------|------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|----------------|------------|--------------------|
| Memanjang | mm | mm | mm | mm | Tump. Kanan | Lap. | Tump. Kiri | mm | mm2 | mm | mm2 | A | B | C | D | E | Lap. | Tump. | Lap Splice | Lap. | Tump. | Lap Splice | Tipe 1 | Tipe 2 | Tipe 3 | Tipe 4 | Tipe 5 | m3 | kg | m3 | kg/m3 |
| As A/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0283 | 222.01745 | 1.2399 | 179.06 |
| As A/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As A/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As A/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As A/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As A/6-7 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As A/7-8 | 5500 | 650 | 350 | 4950 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1500 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0261 | 204.79829 | 1.1261 | 181.86 |
| As A/8-9 | 3100 | 650 | 350 | 2550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1275 | 7 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0183 | 143.8008 | 0.5801 | 247.88 |
| As A/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As A/10-11 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As A/11-12 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As A/12-13 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0318 | 249.59938 | 1.2399 | 201.31 |
| As B/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0283 | 222.01745 | 1.2399 | 179.06 |
| As B/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As B/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As B/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As B/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As B/6-7 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As B/7-8 | 7200 | 700 | 400 | 6650 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 12 | 32 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0427 | 335.4964 | 1.862 | 180.18 |
| As B/8-9 | 4650 | 650 | 350 | 4100 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 11 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0243 | 190.66984 | 0.9328 | 204.42 |
| As B/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|-----|-----|------|--------------|--------------|--------------|----|--------|----|-------|-----|-----|------|-----|------|----|----|----|------|------|------|---|---|---|---|---|--------|-----------|--------|--------|
| As B/10-11 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As B/11-12 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As B/12-13 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0318 | 249.59938 | 1.2399 | 201.31 |
| As C/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0283 | 222.01745 | 1.2399 | 179.06 |
| As C/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As C/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As C/3-4(2) | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As C/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As C/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As C/6-7 | 5600 | 650 | 350 | 5100 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 13 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0272 | 213.47629 | 1.1603 | 183.99 |
| As C/7-8(1) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 5 | 16 | 0 | 1188 | 1188 | 1188 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.0043 | 33.378808 | 0.24 | 139.08 |
| As C/7-8(2) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | -1 | 16 | 11 | 1188 | 1188 | 1188 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.0073 | 57.122683 | 0.24 | 238.01 |
| As C/7-8(3) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 5 | 16 | 0 | 1188 | 1188 | 1188 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.0043 | 33.378808 | 0.24 | 139.08 |
| As C/8-9 | 6100 | 650 | 350 | 5550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0285 | 223.92549 | 1.2626 | 177.35 |
| As C/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As C/10-11 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As C/11-12 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As C/12-13 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As C/13-14 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 1100 | 800 | 1875 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0319 | 250.49414 | 1.2399 | 202.03 |
| As D/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1875 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0284 | 222.91221 | 1.2399 | 179.79 |
| As D/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1875 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0321 | 252.33905 | 1.2399 | 203.52 |
| As D/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As D/3-4(2) | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 1275 | 9 | 20 | 0 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0170 | 133.65521 | 0.6038 | 221.38 |
| As D/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1875 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0321 | 252.33905 | 1.2399 | 203.52 |
| As D/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As D/6-7 | 5600 | 650 | 350 | 5050 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 8 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0308 | 241.94911 | 1.1489 | 210.60 |
| As D/7-8(1) | 2400 | 550 | 350 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 6 | 22 | 0 | 1588 | 1588 | 1588 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0101 | 79.243922 | 0.385 | 205.83 |
| As D/7-8(2) | 2400 | 550 | 350 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1000 | 0 | 22 | 11 | 1588 | 1588 | 1588 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0128 | 100.64012 | 0.385 | 261.40 |
| As D/7-8(3) | 2400 | 550 | 350 | 2000 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 6 | 22 | 0 | 1588 | 1588 | 1588 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0101 | 79.243922 | 0.385 | 205.83 |
| As D/7-8(4) | 2250 | 550 | 350 | 1850 | 4D19 3D19 | 2D19 2D19 | 4D19 3D19 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 0 | 800 | 0 | 6 | 22 | 0 | 1588 | 1588 | 1588 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0.0098 | 77.14182 | 0.3561 | 216.61 |
| As D/8-9 | 6100 | 650 | 350 | 5550 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 0 | 800 | 1825 | 14 | 26 | 0 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0285 | 223.92549 | 1.2626 | 177.35 |
| As D/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0320 | 251.44429 | 1.2399 | 202.80 |
| As D/10-11 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1275 | 4 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0199 | 156.08086 | 0.6038 | 258.52 |
| As D/11-12 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 4D22 3D22 | 2D22 2D22 | 4D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 1275 | 4 | 20 | 11 | 1488 | 1488 | 1488 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 0.0199 | 156.08086 | 0.6038 | 258.52 |
| As D/12-13 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 6D22 4D22 | 2D22 3D22 | 6D22 4D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 0 | 0 | 1100 | 800 | 2175 | 14 | 36 | 11 | 1988 | 1988 | 1988 | 4 | 2 | 8 | 3 | 2 | 0.0463 | 363.18911 | 2.086 | 174.11 |
| As D/13-14 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 5D22 3D22 | 2D22 3D22 | 5D22 3D22 | 13 | 132.73 | 13 | 132.7 | 600 | 650 | 1100 | 800 | 1825 | 9 | 26 | 11 | 1788 | 1788 | 1788 | 4 | 2 | 6 | 3 | 0 | 0.0318 | 249.59938 | 1.2399 | 201.31 |
| total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12214.773 | 62.357 | 195.89 |

| BEKISTING BALOK MEMANJANG | | | | | | | |
|---------------------------|---------|-----|-----|------|---------|----------------|----------|
| Posisi Balok | L as-as | H | B | L | T pelat | Luas bekisting | perancah |
| Memanjang | mm | mm | mm | mm | mm | m2 | m2 |
| As A/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As A/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/6-7 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/7-9 | 5500 | 650 | 350 | 4950 | 120 | 6.9795 | 1.7325 |
| As A/12-13 | 3100 | 650 | 350 | 2550 | 120 | 3.5955 | 0.8925 |
| As A/13-14 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As A/14-15 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As A/11-12 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As A/12-13 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As B/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/6-7 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/7-8 | 7200 | 700 | 400 | 6650 | 120 | 10.374 | 2.66 |
| As B/8-9 | 4650 | 650 | 350 | 4100 | 120 | 5.781 | 1.435 |
| As B/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As B/10-11 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As B/11-12 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As B/12-13 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As C/3-4(2) | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As C/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/6-7 | 5600 | 650 | 350 | 5100 | 120 | 7.191 | 1.785 |
| As C/7-8(1) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As C/7-8(2) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As C/7-8(3) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As C/8-9 | 6100 | 650 | 350 | 5550 | 120 | 7.8255 | 1.9425 |
| As C/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As C/10-11 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As C/11-12 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As C/12-13 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As C/13-14 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/1-2 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/2-3 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/3-4 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As D/3-4(2) | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As D/4-5 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/5-6 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/6-7 | 5600 | 650 | 350 | 5050 | 120 | 7.1205 | 1.7675 |
| As D/7-8(1) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As D/7-8(2) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As D/7-8(3) | 2400 | 400 | 300 | 2000 | 120 | 1.72 | 0.6 |
| As D/7-8(4) | 2250 | 400 | 300 | 1850 | 120 | 1.591 | 0.555 |
| As D/8-9 | 6100 | 650 | 350 | 5550 | 120 | 7.8255 | 1.9425 |
| As D/9-10 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| As D/10-11 | 4000 | 500 | 350 | 3450 | 120 | 3.8295 | 1.2075 |
| As D/11-12 | 4000 | 400 | 300 | 3450 | 120 | 2.967 | 1.035 |
| As D/12-13 | 8000 | 700 | 400 | 7450 | 120 | 11.622 | 2.98 |
| As D/13-14 | 6000 | 650 | 350 | 5450 | 120 | 7.6845 | 1.9075 |
| Total | | | | | | 375.565 | 97.69 |

| BEKISTING BALOK MELINTANG | | | | | | | |
|---------------------------|---------|-----|-----|------|---------|----------------|----------|
| Posisi Balok | L as-as | H | B | L | T pelat | Luas Bekisting | perancah |
| Melintang | mm | mm | mm | mm | mm | m2 | m2 |
| As 1/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 1/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 1/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 2/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 2/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 2/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 3/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 3/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 3/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 4/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 4/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 4/ C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 5/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 5/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 5/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 6/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 6/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 6/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 7/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 7/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 120 | 4.2525 | 1.1025 |
| As 7/C-D | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 120 | 7.5075 | 1.5925 |
| As 7/C-D(1) | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 120 | 7.5075 | 1.5925 |
| As 7/C-D(2) | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 120 | 7.5075 | 1.5925 |
| As 8/A-B | 5900 | 650 | 350 | 5275 | 120 | 8.70375 | 1.84625 |
| As 8/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 120 | 4.2525 | 1.1025 |
| As 8/C-D | 4950 | 650 | 350 | 4550 | 120 | 7.5075 | 1.5925 |
| As 8/C-D (1) | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 9/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 9/B-C | 3800 | 500 | 350 | 3150 | 120 | 4.2525 | 1.1025 |
| As 9/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 10/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 10/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 10/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 11/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 11/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 11/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 12/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 13/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 13/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 13/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 14/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 14/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 14/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 15/A-B | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| As 15/B-C | 3000 | 500 | 350 | 2350 | 120 | 3.1725 | 0.8225 |
| As 15/C-D | 5750 | 650 | 350 | 5125 | 120 | 8.45625 | 1.79375 |
| total | | | | | | 314.7075 | 69.0025 |

| jenis balok | bekisting | perancah |
|-------------|-----------|----------|
| memanjang | 375.565 | 97.69 |
| melintang | 314.7075 | 69.0025 |
| total | 690.2725 | 166.6925 |

| Perhitungan Volume Kolom | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|------|------------------------|---------------|------------|--------------|-----------|--|-----------|-----------|------|-----------|----------|-----|----------------------|-----|-----|-----------------------|-------|-----------|-------------------|-----------|---------------|----------|----------------|------------|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Type Kolom | H | B | L | Jumlah Tulangan Lentur | D. Tul lentur | As. Lentur | D. Tul geser | As. Geser | Panjang Penulangan 1 sengkang / tulangan | | | | Panjang | | | Jarak antar sengkang | | | Jumlah Tulangan Geser | | | Vol tulangan (m3) | | Vol. Tulangan | BJ. Besi | Berat Tulangan | Vol. Beton | Jumlah Kolom | Berat Tulangan Total | Volume beton total | Berat Tul/m3 Beton |
| | mm | mm | mm | | mm | mm2 | mm | mm2 | Lentur | Geser Lap | Geser Tum | HBK | S plastis | Lapangan | HBK | Lap | tum | HBK | Lap. | Tump. | HBK | Lentur | Geser | m3 | kg/m3 | kg | m3 | | kg | m3 | kg/m3 |
| K1 | 650 | 550 | 3400 | 12 | 22 | 380.13 | 16 | 201.06 | 4335 | 2216 | 5032 | 2216 | 650 | 1400 | 700 | 130 | 130 | 130 | 11 | 10 | 5 | 0.0197745 | 0.0172463 | 0.0370 | 7850 | 290.613 | 1.2155 | 27 | 7846.5568 | 32.8185 | 239.09 |
| K2 | 600 | 500 | 3400 | 12 | 22 | 380.13 | 16 | 201.06 | 4336 | 2016 | 4632 | 2016 | 600 | 1500 | 700 | 120 | 120 | 120 | 13 | 10 | 5 | 0.0197791 | 0.0166093 | 0.0364 | 7850 | 285.649 | 1.02 | 36 | 10283.359 | 36.72 | 280.05 |
| total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18129.916 | | 69.5385 | | 260.7177 | | | | | | |

| Bekisting kolom | | | | | |
|-----------------|-----|-----|------|----------------|--------------|
| Type Kolom | H | B | L | luas bekisting | Jumlah Kolom |
| | mm | mm | mm | m2 | |
| K1 | 650 | 550 | 3400 | 8.16 | 27 |
| K2 | 600 | 500 | 3400 | 7.48 | 36 |
| total | | | | | 489.6 |

| Perancah | | | | | |
|------------|-----|-----|------|----------------|--------------|
| Type Kolom | H | B | L | luas bekisting | Jumlah Kolom |
| | mm | mm | mm | m2 | |
| K1 | 650 | 550 | 3400 | 8.16 | 27 |
| K2 | 600 | 500 | 3400 | 7.48 | 36 |
| total | | | | | 489.6 |

| PERHITUNGAN VOLUME PELAT | | | | |
|--------------------------|-------|------------|-----|--|
| D tul utama | 10 | fc | 40 | |
| D tul pembagi | 8 | fy | 390 | |
| As tul utama | 78.5 | Ld | 160 | |
| As tul pembagi | 50.24 | Panjang ka | 80 | |

| JENIS PLAT | P bersih plat | L bersih plat | P kotor plat | L kotor plat | tebal | tul utama | | tul pembagi | | Panjang tul utama | | Panjang tul pembagi | | Jumlah tul utama | | Jumlah tul pembagi | | berat baja | vol beton | jumlah pelat | total berat | total vol | ratio |
|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------|-----------|----------|-------------|----------|-------------------|----------|---------------------|----------|------------------|----------|--------------------|----------|------------|-----------|--------------|-------------|-----------|-------------|
| 1 ARAH | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan | tumpuan | lapangan | kg | m3 | kg | m3 | kg/m3 | |
| As A-B-C/1-12 | 7650 | 2600 | 8000 | 3000 | 120 | 200 | 200 | 250 | 250 | 890 | 3000 | 8000 | 8000 | 39 | 39 | 8 | 11 | 174.823 | 2.3868 | 2 | 349.64607 | 4.7736 | 73.24578201 |
| As B-C/3-4 | 3650 | 2650 | 4000 | 3000 | 120 | 200 | 200 | 250 | 250 | 902.5 | 3000 | 4000 | 4000 | 19 | 19 | 8 | 11 | 86.23145 | 1.1607 | 1 | 86.231445 | 1.1607 | 74.29262116 |
| As B-C/1-2 | 5650 | 2650 | 6000 | 3000 | 120 | 200 | 200 | 250 | 250 | 902.5 | 3000 | 6000 | 6000 | 29 | 29 | 8 | 11 | 130.8276 | 1.7967 | 5 | 654.13824 | 8.9835 | 72.81552214 |
| As 1-2/A-B | 5400 | 2650 | 5750 | 3000 | 120 | 200 | 200 | 250 | 250 | 902.5 | 3000 | 5750 | 5750 | 27 | 27 | 8 | 11 | 123.0324 | 1.7172 | 29 | 3567.9397 | 49.7988 | 71.64710131 |
| As 1-2/A-B | 4750 | 2650 | 5100 | 3000 | 120 | 200 | 200 | 250 | 250 | 902.5 | 3000 | 5100 | 5100 | 24 | 24 | 8 | 11 | 109.2789 | 1.5105 | 1 | 109.27888 | 1.5105 | 72.34616127 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4657.9554 | 64.7166 | 71.97466218 | | |

| JENIS PLAT | P bersih plat (mm) | L bersih plat (mm) | P kotor plat (mm) | L kotor plat (mm) | tebal (mm) | ARAH X | | ARAH Y | | Panjang tul arah X | | | | Panjang tul arah Y | | | | Jumlah tul arah X | | | | Jumlah tul arah Y | | | | berat baja kg | vol beton m3 | jumlah pelat | total berat baja kg | total vol beton m3 | ratio baja/beton kg/m3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|--------|---|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tum mnrs (mm) | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tum mnrs (mm) | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tum mnrs (mm) | tumpuan (mm) | lapangan (mm) | tum mnrs (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 ARAH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As 8-9/A-B | 5650 | 3450 | 6000 | 3800 | 120 | 100 | 200 | 100 | 200 | 1100 | 3800 | 6000 | 1100 | 6000 | 3800 | 40 | 29 | 8 | 18 | 18 | 18 | 272.6179 | 2.3391 | 1 | 272.61794 | 2.3391 | 116.5482194 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As 8-9/A-B | 7450 | 3450 | 7800 | 3800 | 120 | 100 | 200 | 100 | 200 | 1100 | 3800 | 7800 | 1100 | 7800 | 3800 | 58 | 38 | 8 | 18 | 18 | 18 | 346.9347 | 3.0843 | 1 | 346.934675 | 3.0843 | 112.4840888 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As 9-10/A-B | 5300 | 4300 | 5750 | 4650 | 120 | 100 | 200 | 150 | 200 | 1300 | 4650 | 5750 | 1300 | 5750 | 4650 | 32 | 27 | 10 | 15 | 22 | 15 | 297.0205 | 2.7348 | 1 | 297.02045 | 2.7348 | 108.607741 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As 3-4/A-B | 5350 | 3700 | 5750 | 4000 | 120 | 100 | 200 | 150 | 200 | 1150 | 4000 | 5750 | 1150 | 5750 | 4000 | 35 | 27 | 9 | 13 | 19 | 13 | 256.6269 | 2.3754 | 9 | 2309.642111 | 21.3786 | 108.0352367 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3226.215176 | 29.5368 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| JENIS PLAT | P bersih plat | L bersih plat | Luas Bekisting | jumlah pelat | Total Bekisting |
|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-----------------|
| | (mm) | (mm) | (m2) | | m2 |
| As B-C/11-12 | 7700 | 2600 | 20.02 | 2 | 40.04 |
| As B-C/3-4 | 3700 | 2700 | 9.99 | 1 | 9.99 |
| As B-C/1-2 | 5700 | 2700 | 15.39 | 5 | 76.95 |
| As 1-2/A-B | 5450 | 2700 | 14.715 | 29 | 426.735 |
| As 1-2/A-B | 4800 | 2700 | 12.96 | 1 | 12.96 |
| As 8-9/A-B | 5700 | 3500 | 19.95 | 1 | 19.95 |
| As 8-9/A-B | 7500 | 3500 | 26.25 | 1 | 26.25 |
| As 9-10/A-B | 5350 | 4350 | 23.273 | 1 | 23.2725 |
| As 3-4/A-B | 5350 | 3700 | 19.795 | 9 | 178.155 |
| TOTAL | | | | | 814.3025 |

| Rekap beton dan tulangan plat | | |
|-------------------------------|-----------|----------|
| beton | tulangan | ratio |
| m3 | kg | m3/kg |
| 94.2534 | 7884.1706 | 83.64866 |

| JENIS PLAT | P bersih plat | L bersih plat | Luas Bekisting | jumlah pelat | Total perancah |
|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------------|
| | (mm) | (mm) | (m2) | | m2 |
| As B-C/11-12 | 7700 | 2600 | 20.02 | 2 | 40.04 |
| As B-C/3-4 | 3700 | 2700 | 9.99 | 1 | 9.99 |
| As B-C/1-2 | 5700 | 2700 | 15.39 | 5 | 76.95 |
| As 1-2/A-B | 5450 | 2700 | 14.715 | 29 | 426.735 |
| As 1-2/A-B | 4800 | 2700 | 12.96 | 1 | 12.96 |
| As 8-9/A-B | 5700 | 3500 | 19.95 | 1 | 19.95 |
| As 8-9/A-B | 7500 | 3500 | 26.25 | 1 | 26.25 |
| As 9-10/A-B | 5350 | 4350 | 23.273 | 1 | 23.2725 |
| As 3-4/A-B | 5350 | 3700 | 19.795 | 9 | 178.155 |
| TOTAL | | | | | 814.3025 |

| Jenis Pekerjaan | ITEM PEKERJAAN | VOLUME | SATUAN | harga (Rp) | TOTAL (Rp) |
|-----------------|----------------|----------|--------|-------------|-----------------|
| Kolom | | | | | |
| | BETON | 69.54 | m3 | Rp1,171,120 | Rp81,437,928 |
| | BEKISTING | 490.00 | m2 | Rp383,646 | Rp187,986,540 |
| | TULANGAN | 18129.92 | kg | Rp15,291 | Rp277,224,539 |
| | PERANCAH | 490 | m2 | Rp122,436 | Rp59,993,640 |
| Balok | | | | | |
| | BETON | 118.50 | m3 | Rp1,171,120 | Rp138,778,598 |
| | BEKISTING | 690.27 | m2 | Rp397,781 | Rp274,577,285 |
| | TULANGAN | 23399.88 | kg | Rp15,291 | Rp357,807,597 |
| | PERANCAH | 166.6925 | m2 | Rp126,310 | Rp21,054,930 |
| Plat Lantai | | | | | |
| | BETON | 94.25 | m3 | Rp1,171,120 | Rp110,382,042 |
| | BEKISTING | 814.00 | m2 | Rp383,646 | Rp312,287,844 |
| | TULANGAN | 7884.17 | kg | Rp15,291 | Rp120,556,853 |
| | PERANCAH | 814 | m2 | Rp157,290 | Rp128,034,060 |
| TOTAL | | | | | Rp1,942,087,796 |

| Rekap Volume Kolom | | | | |
|--------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|
| bekisting m2 | perancah m2 | beton m3 | tulangan kg | ratio m3/kg |
| 490 | 490 | 69.5385 | 18129.92 | 260.7177 |

| Rekap Volume Balok | | | | |
|--------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|
| bekisting m2 | perancah m2 | beton m3 | tulangan kg | ratio m3/kg |
| 690.2725 | 166.6925 | 118.5008 | 23399.882 | 197.4661 |

| Rekap Volume Plat | | | | |
|-------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|
| bekisting m2 | perancah m2 | beton m3 | tulangan kg | ratio m3/kg |
| 814 | 814 | 94.2534 | 7884.171 | 83.64866 |

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 April 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Karya Bhakti Surabaya, SDN kaliasin IV Surabaya, SMPN 3 Surabaya, SMAN 2 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN 2 Surabaya tahun 2013, penulis mengikuti Tes Tulis dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113041080.

Di jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Struktur Bangunan Gedung. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan oleh Fakultas.